



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**SKRIPSI – ME141501**

**Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Emulsi dari Limbah Plastik Jenis Polipropilen dengan Bahan Bakar *High Speed Diesel* (HSD) Terhadap Performa, Emisi dan Proses Pembakaran pada Mesin Diesel**

Rahmat Wijanarko  
NRP 04211440000013

Dosen Pembimbing  
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**SKRIPSI – ME 141501**

**Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Emulsi dari Limbah Plastik Jenis Polipropilen dengan Bahan Bakar *High Speed Diesel* (HSD) Terhadap Performa, Emisi dan Proses Pembakaran pada Mesin Diesel**

Rahmat Wijanarko  
NRP 04211440000013

Dosen Pembimbing  
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
2018

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**SKRIPSI – ME 141501**

**The Effect of Emulsion Fuel from Polypropylene Plastic Waste with High Speed Diesel Fuel (HSD) on the Performance, Emissions and Combustion Process of Diesel Engine**

Rahmat Wijanarko  
NRP 04211440000013

Supervisors  
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
2018

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LEMBAR PENGESAHAN

**Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Emulsi dari Limbah Plastik Jenis Polipropilen dengan Bahan Bakar *High Speed Diesel* (HSD) Terhadap Performa, Emisi dan Proses Pembakaran pada Mesin Diesel**

### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi *Marine Power Plant* (MPP)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**Rahmat Wijanarko**  
NRP. 04211440000013

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D

(  )

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## LEMBAR PENGESAHAN

**Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Emulsi dari Limbah Plastik Jenis Polipropilen dengan Bahan Bakar *High Speed* Diesel (HSD) Terhadap Performa, Emisi dan Proses Pembakaran pada Mesin Diesel**

### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi *Marine Power Plant* (MPP)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Rahmat Wijanarko**  
NRP. 04211440000013

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



**Dr. Eng. M. Badrus Zaman., ST., MT**  
NIP. 197708022008011007

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Emulsi dari Limbah Plastik Jenis Polipropilen dengan Bahan Bakar *High Speed Diesel* (HSD) Terhadap Performa, Emisi dan Proses Pembakaran pada Mesin Diesel**

**Nama Mahasiswa : Rahmat Wijanarko**  
**NRP : 04211440000013**  
**Departemen : Teknik Sistem Perkapalan ITS**  
**Dosen Pembimbing : Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D**

## **Abstrak**

Dewasa ini plastik jenis polipropilen (PP) di Indonesia sangat sering digunakan. Permasalahan yang timbul dari plastik jenis ini adalah sampah yang dihasilkan. Penggunaan kembali sampah jenis ini juga masih sangat jarang. Diketahui bersama polipropilen sendiri berasal dari monomer propilena yang diperoleh dari pemurnian minyak bumi. Dengan mencampurkan sampah plastik polipropilen dalam bahan bakar solar dapat menjadi solusi penggunaan kembali sampah tersebut. Penelitian kali ini dilaksanakan dengan menggunakan 4 variasi bahan bakar yang berupa campuran antara polipropilen dan bahan bakar HSD (BP4), hasil emulsi antara BP4 dengan air (BE2), HSD wlingi, dan dextrite milik Pertamina. Penelitian ini berbasis pada eksperimen untuk menganalisa dampak penggunaan 4 variasi bahan bakar tersebut terhadap performa, emisi dan proses pembakaran pada mesin diesel. Berdasarkan hasil dari analisa terhadap performa mesin diesel. Performa mesin diesel ini ditinjau dari SFOC, daya, dan torsi yang dihasilkan masing - masing bahan bakar. Hasil uji performa terbaik dalam penelitian ini secara berurutan adalah HSD Wlingi, dextrite milik Pertamina, BP4, dan terakhir BE2. Untuk hasil proses pembakaran nilai ignition delay terendah dimiliki oleh HSD Wlingi sedangkan BE2 memiliki nilai tertinggi. Dari segi knock detection BE2 menghasilkan nilai yang paling tinggi. Kemudian BE2 masih menghasilkan emisi NO<sub>x</sub> dan CO yang lebih tinggi dibanding dextrite milik Pertamina.

Kata kunci : performa, proses pembakaran, emisi, emulsi, polipropilen

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **The Effect of Emulsion Fuel from Polypropylene Plastic Waste with High Speed Diesel Fuel (HSD) on the Performance, Emissions and Combustion Process of Diesel Engines**

**Name of Student** : Rahmat Wijanarko  
**NRP** : 04211440000013  
**Department** : Marine Engineering  
**Supervisor 1** : Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D

## ***Abstract***

Today plastic polypropylene (PP) type in Indonesia is very often used. The problem that arises from this type of plastic is the waste produced. Reuse of this type of waste is also very rare. It is known that the polypropylene itself comes from propylene monomers obtained from refining petroleum. By mixing polypropylene plastic waste in diesel fuel can be a solution to reuse the waste. This study was conducted using 4 variations of fuel in the form of mixture between polypropylene and HSD (BP4) fuel, emulsion between BP4 with water (BE2), HSD wlingi, and Pertamina dextrite. This research is based on experiments to analyze the impact of using these 4 variations of fuel on the performance, emissions and combustion processes in diesel engines. Based on the results of the analysis of diesel engine performance. Diesel engine performance is viewed from SFOC, power, and torque produced by each fuel. The best performance test results in this study in sequence are HSD Wlingi, dextrite owned by Pertamina, BP4, and finally BE2. For the results of the combustion process the lowest ignition delay value is owned by HSD Wlingi while BE2 has the highest value. In terms of BE2 knock detection produces the highest value. Then BE2 still produces higher NO<sub>x</sub> and CO emissions than dextrite Pertamina.

**Keywords** : performance, combustion process, emissions, emulsions, polypropylene

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Azza Wa Jalla, yang telah memberikan rahmat dan anugerah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Emulsi dari Limbah Plastik Jenis Polipropilen dengan Bahan Bakar *High Speed Diesel* (HSD) Terhadap Performa, Emisi dan Proses Pembakaran pada Mesin Diesel** dengan baik dan tepat waktu. Tugas akhir tersebut diajukan sebagai salah satu persyaratan kelulusan program studi sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam proses penyelesaian Tugas Akhir dan keberhasilan menempuh program studi sarjana, tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak di bawah ini, yaitu :

1. Kedua orang tua penulis, Ibu Kustrini dan Bapak Muh. Suwahyidin yang selalu mendukung dan memberikan semangat kepada penulis setiap kegiatan dan aktivitas hingga saat ini serta mengingatkan untuk taat beribadah.
2. Saudara penulis, Bimo Jago Prasetya sebagai sosok kakak terbaik yang selalu memberikan semangat bagi penulis.
3. Bapak Ir. Agoes Santoso, M.Sc., selaku dosen wali yang telah banyak memberikan bimbingan dan pendidikan baik akademik maupun non akademik sehingga kami sebagai mahasiswa wali dapat belajar bekerja keras, pantang menyerah, dan bekerjasama.
4. Bapak Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D., selaku dosen pembimbing penulis dan dosen pengampu Laboratorium MPP yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir dan memberikan motivasi untuk terus belajar dan mengembangkan diri.
5. Kawan seperjuangan angkatan MERCUSUAR '14 yang telah menjadi teman dan pemberi semangat dalam berjuang bersama menyelesaikan perkuliahan.
6. Kawan P-54 FTK dan Kabinet Terobosan BEM FTK 2016/2017 yang selalu memberikan dukungan moral kepada penulis dan memberikan pengalaman yang luar biasa.
7. Seluruh member MPP yang telah menjadi rekan dan tempat belajar bagi penulis selama menjadi member MPP.
8. Seluruh kakak tingkat BISMARCK '12 dan BARAKUDA '13 yang telah memberikan teladan dan bagian dari pengalaman penulis dalam belajar menjadi mahasiswa dan anggota yang baik di lingkungan HIMASISKAL.
9. Seluruh adik-adik angkatan SALVAGE'15, VOYAGE'16, yang menjadi kawan selama menempuh pendidikan di ITS.
10. Seluruh teman-teman Kontrakan E-29 dan PU-46 yang selalu mengajarkan untuk selalu taat kepada Allah dan Rasulullah, serta selalu mengajarkan ilmu bagi penulis.

11. Kepada pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini jauh dari sebuah kesempurnaan, oleh karenanya kritik dan saran sangat terbuka untuk menjadikan karya yang lebih baik dan memberikan kebermanfaatan.

Penulis berharap bahwa karya tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi seluruh pembaca di kemudian hari.



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	v
LEMBAR PENGESAHAN .....	vii
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR GRAFIK.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Surfaktan.....	8
2.2. Performa Motor Diesel.....	9
2.3 Emisi.....	11
2.4 Analisa Pembakaran.....	11
BAB III METODE PENELITIAN .....	13
.....	13
3.1 Perumusan Masalah .....	14
3.2 Studi Pustaka .....	14
3.3 Peralatan .....	14
3.4 Bahan yang Digunakan.....	15
3.5 Prosedur Pembuatan Emulsi .....	15
3.6 Engine Set-up .....	20
3.7 Uji Karakteristik Bahan Bakar .....	21
3.8 Proses pengujian dan pengambilan data.....	22
3.9 Pengolahan dan analisa data .....	22
3.10 Penyusunan laporan .....	22
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Properties Bahan Bakar BE2 .....	23
4.2 Properties Bahan Bakar HSD Wlingi.....	24
4.3 Hasil Pengujian Performansi.....	26
4.4 Proses Pembakaran Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2.....	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	59
5.1 Kesimpulan .....	59
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA .....	61
LAMPIRAN A .....	63
SIFAT BAHAN BAKAR.....	63
LAMPIRAN B .....	67
PERHITUNGAN PERFORMA .....	67

LAMPIRAN C .....	73
EMISI.....	73
BIODATA PENULIS.....	75

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Span 80 .....	9
Gambar 2.2 Struktur Tween 80 .....	9
Gambar 2.3 <i>Max Pressure Vs Crank Angle Degree</i> .....	12
Gambar 2.4 Heat release Vs Crank angle degree.....	12
 Gambar 3.1. Flowchart Pengerjaan .....	13
Gambar 3.2. Rangkaian Peralatan Pelarutan PP dalam HSD.....	15
Gambar 3.3 PP larut pada HSD .....	16
Gambar 3.4 PP larut pada HSD pada suhu ruangan .....	17
Gambar 3.5 hasil pelarutan PP-HSD setiap variable .....	17
Gambar 3.6 BP4.....	18
Gambar 3.7 Hasil Emulsi .....	19
Gambar 3.8 Engine Set-up .....	20
 Gambar A. 1 Hasil Uji Properties HSD Wlingi.....	63
Gambar A. 2 Hasil Uji Properties BE2.....	64
Gambar A. 3 Komposisi Bahan bakar HSD Wlingi .....	65
 Gambar C. 1 Hasil Uji Emisi HSD Wlingi, BP4, dan BE2.....	73

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kandungan Setana Pada Bahan Bakar Solar 48.....	6
Tabel 4.2 <i>Properties</i> BE2 dan HSD Wlingi .....	23
Tabel 4. 3. Hasil Pengujian Emisi NO <sub>x</sub> (ppm), CO (%), CO <sub>2</sub> (%) .....	54
Tabel 4. 4. Hasil Pengujian Emisi NO <sub>x</sub> , CO, CO <sub>2</sub> (gr/kWh) .....	54
Tabel. B. 1 Perhitungan Performa BP4 .....	68
Tabel. B. 2 Perhitungan Performa HSD Wlingi.....	69
Tabel. B. 3 Perhitungan Performa BE2 .....	70
Tabel. B. 4 Perhitungan Performa Dexlite.....	71

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite...	27
Grafik 4.2. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD Wlingi .....	28
Grafik 4 3. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar BP4.....	29
Grafik 4.4. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar BE2 .....	30
Grafik 4.5. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 1800.....	31
Grafik 4.6. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 1900.....	32
Grafik 4.7. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2000.....	33
Grafik 4.8. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2100.....	34
Grafik 4.9. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2200.....	35
Grafik 4.10. Perbandingan Daya Maksimum Dengan Putaran <i>Engine</i> Pada Setiap Jenis Bahan Bakar.....	36
Grafik 4.11. Perbandingan Torsi Maksimum Dengan Putaran <i>Engine</i> Pada Setiap Jenis Bahan Bakar.....	37
Grafik 4.12. Perbandingan Torsi Maksimum Dengan Putaran <i>Engine</i> Pada Setiap Jenis Bahan Bakar.....	38
Grafik 4.13. Grafik <i>Combustion Pressure</i> Pada 100% RPM dan 25% <i>Load</i> .....	39
Grafik 4.14. Grafik <i>Combustion Pressure</i> Pada 100% RPM dan 50% <i>Load</i> .....	40
Grafik 4.15. Grafik <i>Combustion Pressure</i> Pada 100% RPM dan 75% <i>Load</i> .....	41
Grafik 4.16. Grafik <i>Combustion Pressure</i> Pada 100% RPM dan 100% <i>Load</i> .....	42
Grafik 4.17. Grafik <i>Rate Of Heat Release</i> (ROHR) Pada 100% RPM dan 25% <i>Load</i> ..	43
Grafik 4.18. Grafik <i>Rate Of Heat Release</i> (ROHR) pada 100% RPM dan 50% <i>Load</i> ..	44
Grafik 4.19. Grafik <i>Rate Of Heat Release</i> (ROHR) pada 100% RPM dan 75% <i>Load</i> ..	45
Grafik 4.20. Grafik <i>Rate Of Heat Release</i> (ROHR) pada 100% RPM dan 100% <i>Load</i>	46
Grafik 4.21. Grafik Knock Detection pada 100% RPM dan 25% <i>load</i> .....	48
Grafik 4.22. Grafik <i>Knock Detection</i> Pada 100% RPM dan 50% <i>Load</i> .....	49
Grafik 4.23. Grafik <i>Knock Detection</i> Pada 100% RPM dan 75% <i>Load</i> .....	50
Grafik 4.24. Grafik <i>Knock Detection</i> Pada 100% RPM dan 100% <i>Load</i> .....	51
Grafik 4.25. Analisa Ignition Delay Pada RPM 2200.....	53
Grafik 4. 26. Analisa Perbandingan Emisi NOx Dari Bahan Bakar B20 Nyamplung Dengan High Speed Diesel.....	55
Grafik 4. 27. Analisa Perbandingan Emisi NOx Dari Bahan Bakar B20 Nyamplung Dengan High Speed Diesel.....	57

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Mesin diesel merupakan motor bakar dalam yang menggunakan panas kompresi untuk menciptakan penyalaan. Penyalaan tersebut kemudian membakar bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Mesin diesel bekerja berdasarkan siklus diesel, dengan perbandingan kompresi 14 : 1 sampai 24 : 1, suhu udara terkompresi mencapai  $\pm 750^{\circ}\text{C}$ . Berbeda dengan siklus otto (kompresi 1:9) yang bekerja berdasarkan volume konstan, mesin diesel bekerja pada tekanan konstan.

Bahan bakar mesin diesel sendiri yang utama menggunakan bahan bakar high speed diesel (HSD), bahan bakar high speed diesel adalah salah satu jenis bahan bakar yang dihasilkan dari proses pengolahan minyak bumi, pada dasarnya minyak mentah dipisahkan fraksi-fraksinya pada proses destilasi sehingga dihasilkan fraksi bahan bakar high speed diesel dengan titik didih  $250^{\circ}\text{C}$  sampai  $300^{\circ}\text{C}$ . Kualitas bahan bakar high speed diesel dinyatakan dengan bilangan cetane (pada bensin disebut oktan), yaitu bilangan yang menunjukkan kemampuan high speed diesel mengalami pembakaran di dalam mesin serta kemampuan mengontrol jumlah ketukan (knocking), semakin tinggi bilangan cetane ada bahan bakar high speed diesel maka kualitas bahan bakar high speed diesel akan semakin bagus. bahan bakar High speed diesel merupakan jenis bahan bakar cair yang digunakan dalam proses pembakaran pada motor diesel. Salah satu sifat yang harus dimiliki bahan bakar high speed diesel adalah *Cetane Number* dari bahan bakar tersebut. Angka cetane adalah angka yang menunjukkan berapa besar tekanan maksimum yang bisa diberikan di dalam mesin sebelum high speed diesel terbakar habis bersama dengan oksigen pada flash point. Motor dengan perbandingan kompresi yang lebih tinggi memerlukan angka cetane yang lebih tinggi untuk mengurangi terjadinya *knocking*.

Dewasa ini plastik jenis polipropilen (PP) di Indonesia sangat sering digunakan. Permasalahan yang timbul selanjutnya dari plastik jenis ini adalah sampah yang dihasilkan, penggunaan kembali sampah jenis ini juga masih sangat jarang. Diketahui bersama polipropilen sendiri berasal dari monomer propilena yang diperoleh dari pemurnian minyak bumi.

Dengan penambahan polipropilen pada bahan bakar high speed diesel diharapkan dapat meningkatkan nilai kalor, namun viskositas pada bahan bakar campuran tersebut akan meningkat dan membutuhkan pengencer yang dilaksanakan dengan mengemulsikan air dengan campuran PP-HSD.

Maka pada penelitian kali ini akan dibuat bahan bakar alternatif dengan mencampurkan high speed diesel dengan polipropilen dan air sebagai bahan tambahan. Disini polipropilen dipilih karena belakangan ini sangat banyak sampah plastik di Indonesia dan juga polipropilen dapat dimanfaatkan sebagai campuran bahan bakar high speed diesel. Pada penelitian yang lalu telah dilakukan penelitian dengan mencampur minyak diesel dengan polipropilen untuk mengetahui surfaktan yang dapat mengemulsi polipropilen dan minyak diesel dengan baik dan stabil, namun belum ada hasil mengenai performa mesin diesel yang menggunakan campuran tersebut.

## 1.2 Perumusan Masalah

Penelitian ini membahas tentang analisis Performa, Emisi, dan proses pembakaran. Metode dilakukan dengan cara membandingkan antara bahan bakar emulsi dengan bahan bakar minyak Dexlite. Eksperimen tentang Performa, Emisi, dan proses pembakaran dilakukan untuk mengetahui bagaimana karakteristik dari masing-masing ketika digunakan dalam motor diesel. Oleh karena itu pada penelitian penggunaan bahan bakar emulsi pada pembakaran motor diesel memiliki rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana properties bahan bakar hasil emulsi minyak high speed diesel, polipropilen, dan air?
2. Bagaimana performa mesin yang dihasilkan menggunakan bahan bakar hasil emulsi minyak high speed diesel, polipropilen, dan air?
3. Bagaimana proses pembakaran yang terjadi pada bahan bakar hasil emulsi minyak high speed diesel, polipropilen, dan air?
4. Bagaimana emisi yang dihasilkan oleh bahan bakar hasil emulsi minyak high speed diesel, polipropilen, dan air?

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk dapat melaksanakan penelitian ini diperlukan Batasan masalah sebagai berikut :

1. Ruang lingkup analisis proses pembakaran (Combustion Process) terdiri dari proses penginjeksian (Ignition Delay), tekanan maksimum (Maximum Pressure), perubahan energi panas (Heat Release) dan knocking (Knocking).
2. Ruang lingkup analisis Performa terdiri dari SFOC (Specific Fuel Oil Consumption), torsi, dan daya.
3. Ruang lingkup analisis Emisi terdiri dari  $\text{NO}_x$  dan  $\text{CO}$ .
4. Variabel bahan bakar yang digunakan adalah Dexlite, bahan bakar HSD Plastik Wlingi, 1 (satu) variasi PP-HSD, dan 1 (satu) variasi emulsi PP-HSD-Air.
5. Variabel putaran pada mesin menggunakan RPM sebesar 1800 RPM, 1900 RPM, 2000 RPM, 2100 RPM dan 2200 RPM
6. Analisis proses pembakaran menggunakan alat sensor TMR-Instrument serta SYSMONSoft v2.0.3 sebagai data akuisisi, proses dan analisis.
7. Analisis proses pembakaran, Performa, dan Emisi dilakukan pada motor diesel Yanmar TF85-MH yang berada di Laboratorium Marine Power Plant FTK ITS.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Untuk menjawab semua pertanyaan yang terdapat pada perumusan masalah diatas, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui properties emulsi antara bahan bakar *high speed diesel*, limbah plastik polipropilen dan air.
2. Untuk mengetahui performa mesin yang dihasilkan menggunakan bahan bakar hasil emulsi minyak bahan bakar *high speed diesel*, polipropilen, dan air.

3. Untuk mengetahui proses pembakaran yang terjadi pada bahan bakar hasil emulsi minyak bahan bakar *high speed diesel*, polipropilen, dan air.
4. Untuk mengetahui emisi yang dihasilkan oleh bahan bakar hasil emulsi minyak bahan bakar *high speed diesel*, polipropilen, dan air.

### **1.5 Manfaat**

Penulisan skripsi ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai bahan bakar alternatif dengan melakukan emulsi antara minyak diesel dengan limbah plastik jenis polipropilen, dan air.

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam kurun waktu dekat ini Indonesia telah mendekati krisis bahan bakar minyak. Persediaan cadangan minyak mentah yang berasal dari fosil dimana notabennya tidak dapat diperbaharui, semakin hari semakin menipis. Hal ini diperkuat dengan besarnya bahan bakar minyak yang dikonsumsi oleh negeri ini sudah mencapai angka 1,6 juta barrel per hari, sementara produksi yang diolah oleh negeri ini hanya mencapai angka 812.000 barrel per hari dan terus menurun. Tidak seperti tahun 70-an yang produksinya mampu mencapai angka 1,5 juta barrel per hari. Dengan laju peningkatan konsumsi bahan bakar minyak sebesar 6-9% tiap tahunnya, maka diperkirakan negara Indonesia dalam kurun 11 tahun cadangan bahan bakar di negeri ini akan habis. Oleh karena itu untuk mengatasi hal ini agar tidak terjadi dalam waktu dekat perlu adanya pengembangan energi baru untuk mengurangi penyerapan cadangan minyak mentah yang telah menipis ini (Alhaq, 2016).

Dalam hal ini Prahara (2017) menyatakan Bahan bakar adalah suatu materi apapun yang bisa diubah menjadi energi. Bahan bakar mengandung energi panas yang dapat dilepaskan dan dimanipulasi. Kebanyakan bahan bakar digunakan manusia melalui proses pembakaran (reaksi redoks) di mana bahan bakar tersebut akan melepaskan panas setelah direaksikan dengan oksigen di udara. Proses lain untuk melepaskan energi dari bahan bakar adalah melalui reaksi eksotermal dan reaksi nuklir (seperti Fisi nuklir atau Fusi nuklir ). Hidrokarbon sejauh ini merupakan jenis bahan bakar yang paling sering digunakan manusia. Bahan bakar lainnya yang bisa dipakai adalah logam radioaktif.

Motor diesel adalah motor yang menggunakan bahan bakar high speed diesel, pada sistem pembakarannya motor diesel tidak menggunakan listrik. Cara kerja sistem pembakaran pada motor diesel yaitu udara yang ada di ruang bakar dimampatkan, sehingga timbul suhu yang sangat panas dan apabila pada saat tersebut disemprotkan bahan bakar high speed diesel akan terjadi pembakaran dan timbul ledakan yang akan mendorong torak (Prahara, 2017).

Bahan bakar high speed diesel adalah salah satu jenis bahan bakar yang dihasilkan dari proses pengolahan minyak bumi, pada dasarnya minyak mentah dipisahkan fraksi-fraksinya pada proses destilasi sehingga dihasilkan fraksi bahan bakar high speed diesel dengan titik didih 250°C sampai 300°C. Kualitas bahan bakar high speed diesel dinyatakan dengan bilangan cetane (pada bensin disebut oktan), yaitu bilangan yang menunjukkan kemampuan bahan bakar high speed diesel mengalami pembakaran di dalam mesin serta kemampuan mengontrol jumlah ketukan (knocking), semakin tinggi bilangan cetane pada bahan bakar high speed diesel maka kualitas bahan bakar high speed diesel akan semakin bagus (Prahara, 2017).

Menurut Prahara, 2017, Sebagai bahan bakar, tentunya bahan bakar high speed diesel memiliki karakteristik tertentu sama halnya dengan jenis bahan bakar lainnya. berikut karakteristik yang dimiliki fraksi bahan bakar high speed diesel :

- Tidak berwarna atau terkadang berwarna kekuning-kuningan dan berbau.
- Tidak akan menguap pada temperatur normal.

- Memiliki kandungan sulfur yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan bensin dan kerosen.
- Memiliki flash point (titik nyala) sekitar 40°C sampai 100°C.
- Terbakar spontan pada temperatur 300°C.
- Menimbulkan panas yang tinggi sekitar 10.500 kcal/kg.

Pada umumnya bahan bakar high speed diesel digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermesin diesel ataupun peralatan-peralatan industri lainnya. Agar menghasilkan pembakaran yang baik, bahan bakar high speed diesel memiliki syarat-syarat agar memenuhi standar yang telah ditentukan. Berikut persyaratan yang menentukan kualitas bahan bakar high speed diesel :

- Mudah terbakar.
- Tidak mudah mengalami pembekuan pada suhu yang dingin.
- Memiliki sifat anti knocking dan membuat mesin bekerja dengan lembut.
- Bahan bakar high speed diesel harus memiliki kekentalan yang memadai agar dapat disemprotkan oleh ejector di dalam mesin.
- Tetap stabil atau tidak mengalami perubahan struktur, bentuk dan warna dalam proses penyimpanan.
- Memiliki kandungan sulfur sekecil mungkin, agar tidak berdampak buruk bagi mesin kendaraan serta tidak menimbulkan polusi.

**Tabel 2. 1 Kandungan Setana Pada Bahan Bakar Solar 48**

Sumber: (Prahara, 2017)

MINYAK SOLAR 48 <sup>1)</sup>					
No.	KARAKTERISTIK	UNIT	BATASAN		METODE UJI (ASTM)
			Min	Max	
1.	Angka Setana		48	-	ASTM D-613
2.	Indeks Setana		45	-	ASTM D-4737
3.	Berat jenis pada 15 °C	Kg/m <sup>3</sup>	815	870	ASTM D-1298/ ASTM D-4052
4.	Viskositas pada 40 °C	Mm <sup>2</sup> /s	2.0	5.0	ASTM D-445
5.	Kandungan sulfur	% m/m	-	0.35 <sup>2)</sup>	ASTM D-2622
6.	Distilasi : T95	°C	-	370	ASTM D-86
7.	Titik Nyala	°C	60	-	ASTM D-93
8.	Titik Tuang	°C	-	18	ASTM D-97
9.	Residu Karbon	% m/m	-	0.1	ASTM D-4530
10.	Kandungan Air	mg/kg	-	500	ASTM D-1744
11.	Biological Growth*)	-	Nihil		-
12.	Kandungan FAME*)	% v/v	-	10	-
13.	Kandungan Metanol dan Etanol*)	% v/v	Tak terdeteksi		ASTM D-4815
14.	Korosi Bilah Tembaga	Merit	-	Kelas 1	ASTM D-130
15.	Kandungan Abu	% m/m	-	0.01	ASTM D-482
16.	Kandungan sediment	% m/m	-	0.01	ASTM D-473
17.	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/g	-	0	ASTM D-664
18.	Bilangan Asam Total	mg KOH/g	-	0.6	ASTM D-664
19.	Partikulat	Mg/l	-	-	ASTM D-2276
20.	Penampilan Visual	-	Jernih dan terang		-
21.	Warna	No. ASTM	-	3.0	ASTM D-1500

<sup>1)</sup> Khusus minyak solar yang mengandung Biodiesel, jenis dan spesifikasi biodieselnnya mengacu ketetapan pemerintah

<sup>1)</sup> Menurut SK Dirjen Migas No. 3675.K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006

<sup>2)</sup> Batasan 0,35% setara dengan 3.500 ppm

Catatan Umum :

1. Aditif harus compatible dengan minyak mesin (tidak menambah kotoran mesin/ketuk)

Aditif yang mengandung komponen pembentuk abu (ash forming) tidak diperbolehkan

2. Pemeliharaan secara baik untuk mengurangi kontaminasi (debu, air, bahan bakar lain, dll)

3. Pelabelan pada pompa harus memadai dan terdeteksi



Sebagian besar penduduk di dunia memanfaatkan plastik dalam menjalankan aktifitasnya karena plastik memiliki banyak kelebihan dibanding bahan lainya seperti densitas yang rendah, bersifat isolasi terhadap listrik mempunyai kekuatan mekanik bervariasi, ketahanan suhu terbatas dan ketahanan bahan kimia yang bervariasi. Selain itu, plastik juga ringan, mudah dalam perancangan, dan biaya pembuatan murah. Tetapi, di sisi lain pola konsumsi plastik menyebabkan peningkatan jumlah sampah plastik karena plastik umumnya merupakan material yang sulit dibiodegradasi. Beberapa metode pemanfaatan plastik sudah dikembangkan seperti melakukan daur ulang dan memanfaatkan menjadi produk lain (Wibawa, 2006).

Pada penelitian sebelumnya oleh Bahrudin dkk, 2008 menurunkan kekentalan campuran PP-HSD dapat dilakukan dengan mengemulsikan campuran tersebut dalam air menggunakan kombinasi surfaktan SPAN 80 : SPAN 40 : Tween 80 dengan perbandingan komposisi 2 : 2 : 1 dengan kadar air 32 %, 30 %, 28 % dan 26 %; SPAN 80 : SPAN 40 : Tween 60 dengan perbandingan 2 : 2 : 1 dengan kadar air 30 %; SPAN 80 : SPAN 60 : Tween 80 dengan perbandingan 2 : 2 : 1 dengan kadar air 30 %. Dari uji kestabilan yang dilakukan baik dengan metode sentrifugasi maupun analisa optik didapat hasil bahwa Emulsified Polimer Fuel yang dihasilkan telah membentuk emulsi yang stabil. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa Emulsified Polimer Fuel (EPF) tersebut mempunyai heating value berkisar antara 7847 – 9610 cal/g; nilai awal titik didih adalah 101°C untuk EPF dengan kadar PP dalam HSD 1 %, dan 105°C untuk EPF dengan kadar PP dalam HSD 5 %; densitas berkisar antara 0,8678 g/ml – 0,8942 g/ml; kandungan sulfur berkisar antara 0,19788 – 0,26102 dalam % massa; flash point berkisar antara 51°C – 67,5°C; dan pour point berkisar antara -13°C sampai -3°C.

Data yang diambil dari Zahrina (2008) Polipropilen (Polypropylene, atau sering disingkat PP) merupakan salah satu jenis plastik yang paling banyak digunakan sebagai plastik komoditi. Konsumsi jenis plastik ini pada tahun 2003 tercatat sebanyak 8 juta ton, dan cenderung meningkat pada tahun-tahun mendatang. Plastik komoditi merupakan plastik yang banyak digunakan sebagai bahan kemasan dan sifatnya pakai-buang, sehingga hampir seluruh sampah plastik terdiri dari jenis plastik ini. Plastik yang banyak terdapat dalam sampah adalah plastik bekas kemasan dengan komposisi rata-rata mencapai 10% dari berat total sampah, dan didominasi oleh jenis plastik polietilena (PE) dan polipropilen (PP), yang mencapai 44%. Sampai dengan tahun 2003, sekitar 80% sampah plastik masih dibuang ke landfill, 13% diinsenerasi, dan hanya 7% yang didaur ulang.

Proses blending adalah penambahan bahan-bahan aditif kedalam fraksi minyak bumi dalam rangka untuk meningkatkan kualitas produk tersebut. Untuk memcampur minyak tua dengan minyak diesel. Ada dua cara dalam memblending yaitu emulsi dan *solution technique*. Emulsi adalah campuran antara partikel partikel suatu zat cair (fase terdispersi) dengan zat cair lainnya (fase pendispersi). Emulsi tersusun atas tiga komponen utama, yaitu: Faseterdispersi, fase pendispersi, dan emulsifier/emulgator. Dalam pembuatan suatu emulsi, pemilihan emulgator merupakan faktor yang penting untuk diperhatikan karena mutu dan kestabilan suatu emulsi banyak dipengaruhi oleh emulgator yang digunakan. Salah satu emulgator yang aktif permukaan atau lebih dikenal dengan surfaktan. *Solution technique* dilakukan dengan cara memanaskan campuran bahan bakar. Kedua bahan bakar dapat larut tanpa separasi apabila temperatur dipanaskan hingga 50°C (Prahara, 2017).

Polipropilen mempunyai nilai kalor 45 MJ/kg, lebih tinggi dari minyak bumi (crude oil) dan batubara yang masing-masing mempunyai nilai kalor 40 MJ/kg dan 20 MJ/kg. Oleh karena itu, penelitian-penelitian untuk memanfaatkan sampah polipropilen dan plastik lainnya sebagai sumber energi banyak dilakukan. Salah satu metode yang sedang dikembangkan adalah pelarutan plastik dalam bahan bakar diesel. Metoda ini dapat menghasilkan bahan bakar campuran yang dapat digunakan langsung pada mesin-mesin yang mengkonsumsi bahan bakar diesel (Zahrina, 2008).

Bahan bakar campuran yang dihasilkan tersebut merupakan cairan yang kental (viscous). Kekentalannya semakin meningkat seiring dengan meningkatnya komposisi plastik. Salah satu metode yang dapat dikembangkan untuk menurunkan viskositas adalah dengan menjadikan bahan bakar campuran tersebut sebagai bahan bakar emulsi, yang terdiri dari campuran plastik, minyak diesel, air dan surfaktan (Zahrina, 2008).

Perihal penggunaan air pada mesin diesel Scarpate (2013) menyatakan penggunaan air di mesin diesel memiliki sejumlah manfaat yang telah ditemukan, bahwa air memiliki pengaruh pada pengurangan puncak suhu api dan mengurangi emisi NOx. Teknik yang berkaitan mengenalkan air ke dalam ruang bakar mesin diusulkan oleh Prof. B. Hopkinson pada tahun 1913, untuk membuat pendinginan internal mesin gas yang lebih baik dan untuk meningkatkan output mesin. Selanjutnya, teknik ini dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi thermal dan mengurangi emisi gas buang, atau digunakan sebagai bahan bakar pengganti.

## **2.1. Surfaktan**

Surfaktan merupakan suatu molekul yang sekaligus memiliki gugus hidrofilik dan gugus lipofilik sehingga dapat mempersatukan campuran yang terdiri dari air dan minyak. Surfaktan adalah bahan aktif permukaan. Aktifitas surfaktan diperoleh karena sifat ganda dari molekulnya. Molekul surfaktan memiliki bagian polar yang suka akan air (hidrofilik) dan bagian non polar yang suka akan minyak/lemak (lipofilik). Bagian polar molekul surfaktan dapat bermuatan positif, negatif atau netral. Sifat rangkap ini yang menyebabkan surfaktan dapat diadsorpsi pada antar muka udara-air, minyak-air dan zat padat-air, membentuk lapisan tunggal dimana gugus hidrofilik berada pada fase air dan rantai hidrokarbon ke udara, dalam kontak dengan zat padat ataupun terendam dalam fase minyak. Umumnya bagian non polar (lipofilik) adalah merupakan rantai alkil yang panjang, sementara bagian yang polar (hidrofilik) mengandung gugus hidroksil (Laverius, 2011).

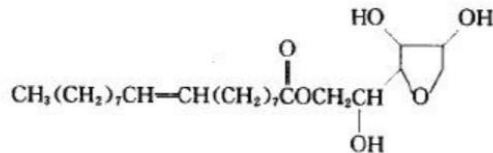
Surfaktan sesuai definisi diatas memiliki jenis yang bermacam – macam, secara khusus pada penelitian ini akan digunakan dua jenis surfaktan yaitu:

### **2.1.1 Span 80**

Span 80 mempunyai nama lain sorbitan monooleat. Pemerriannya berupa warna kuning gading, cairan seperti minyak kental, bau khas tajam, terasa lunak. Kelarutannya tidak larut tetapi terdispersi dalam air, bercampur dengan alkohol, tidak larut dalam propilen glikol, larut dalam hampir semua minyak mineral dan nabati, sedikit larut dalam eter. Berat jenis pada 20°C adalah 1 gram. Nilai HLB 4,3. Viskositas pada 25°C Ester sorbitan secara luas digunakan dalam kosmetik, produk makanan, dan formulasi sebagai surfaktan nonionik lipofilik. Ester sorbitan secara umum dalam formulasi berfungsi sebagai emulsifying agent dalam pembuatan krim, emulsi, dan salep untuk penggunaan topikal. Ketika C adalah 1000 cps. Span 80 dapat dimasukkan dalam basis



tipe parafin untuk membentuk basis tipe anhidrat yang mampu menyerap sejumlah besar air. 13 digunakan sebagai emulsifying agent tunggal, ester sorbitan menghasilkan emulsi air dalam minyak yang stabil dan mikroemulsi, namun ester sorbitan lebih sering digunakan dalam kombinasi bersama bermacam-macam proporsi polysorbate untuk menghasilkan emulsi atau krim, baik tipe minyak dalam air atau air dalam minyak (Laverius, 2011).

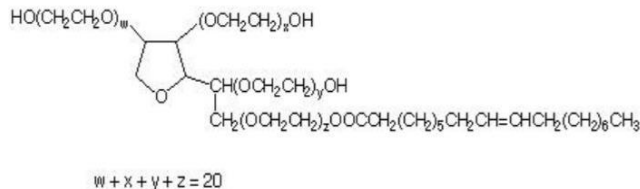


**Gambar 2.1 Struktur Span 80**

Sumber: (Laverius, 2011)

### 2.1.2 Tween 80

Tween 80 atau Polysorbate 80 merupakan ester oleat dari sorbitol di mana tiap molekul anhidrida sorbitolnya berkopolimerisasi dengan 20 molekul etilenoksida. Tween 80 berupa cairan kental berwarna kuning dan agak pahit. Polysorbate digunakan sebagai emulsifying agent pada emulsi topikal tipe minyak dalam air, dikombinasikan dengan emulsifier hidrofilik pada emulsi minyak dalam air, dan untuk menaikkan kemampuan menahan air 12 pada salep, dengan konsentrasi 1-15% sebagai solubilizer. Tween 80 digunakan secara luas pada kosmetik sebagai emulsifying agent. Tween 80 larut dalam air dan etanol (95%), namun tidak larut dalam mineral oil dan vegetable oil. Aktivitas antimikroba dari pengawet golongan paraben dapat mengurangi jumlah polysorbate (Laverius, 2011).



**Gambar 2.2 Struktur Tween 80**

Sumber: (Laverius, 2011)

## 2.2. Performa Motor Diesel

Menurut Nariati (2016). Performa pada motor diesel antara lain daya dan torsi dipengaruhi oleh besarnya jumlah kalor hasil pembakaran, yaitu nilai kalor dari hasil pembakaran campuran bahan bakar dan udara kompresi. Bahan bakar yang mempunyai nilai kalor yang rendah memerlukan jumlah bahan bakar yang lebih banyak untuk menghasilkan tenaga sebesar satu daya kuda dibandingkan bahan bakar yang memiliki nilai kalor yang tinggi. Artinya, semakin rendah nilai kalor bahan bakar semakin tinggi tingkat konsumsi bahan bakarnya dibandingkan dengan bahan bakar yang nilai kalornya lebih tinggi.

Performa motor diesel menggunakan bahan bakar high speed diesel tentunya akan mempunyai perbedaan saat di test dengan menggunakan bahan bakar alternatif seperti biodiesel minyak jelantah. Walaupun bahan bakar biodiesel yang digunakan bukanlah murni biodiesel, namun akan terjadi perbedaan performa nantinya (Nariati, 2016).

Untuk pengoperasian dalam jangka panjang yang lama, motor diesel yang menggunakan bahan bakar alternatif menyebabkan penurunan performa, pembentukan deposit karbon dan kerusakan yang dapat dilihat secara visual terhadap komponen motor diesel. Kemungkinan yang dapat menyebabkan masalah tersebut terjadi adalah adanya perubahan beban dan putaran saat motor diuji (Nariati, 2016).

Untuk mengetahui performa mesin diesel dengan bahan bakar tertentu dapat dilakukan perhitungan dengan beberapa indikator sebagai berikut

### 2.2.1 Torsi

Prahara (2017) Torsi adalah tenaga untuk menggerakkan, menarik atau menjalankan sesuatu (pulling power). Satuan untuk torsi di internasional adalah feet/lbs, feet-pounds atau Newtonmeter (Nm). Torsi dihasilkan dari jarak dan kekuatan dan untuk menghitungnya adalah perkalian antara gaya dengan jarak. Mesin dari kendaraan menghasilkan torsi dan menggunakannya untuk menggerakkan crankshaft. Jadi, torsi adalah tenaga yang digunakan pada suatu jarak tertentu.

$$T = F \times b \text{ (N.m)} \quad 1.1$$

dimana:

T = Torsi benda berputar (N.m)

F = adalah gaya sentrifugal dari benda yang berputar(N)

b = adalah jarak benda ke pusat rotasi (m)

Karena adanya torsi inilah yang menyebabkan benda berputar terhadap porosnya, dan benda akan berhenti apabila ada usaha melawan torsi dengan besar sama dengan arah yang berlawanan.

### 2.2.2 Daya

Dari Prahara (2017) sebuah kemampuan untuk mengusung sebuah beban dalam periode/rentang waktu tertentu

$$P = T/n \quad 1.2$$

dimana:

P = Daya ( watt )

T = Torsi Mesin ( Nm )

n = Putaran Mesin ( rpm )

### 2.2.3 SFOC ( spesific fuel oil consumption )

Konsumsi bahan bakar secara spesifik merupakan perbandingan antara bahan bakar yang dikonsumsi dalam waktu tertentu dan tenaga yang dihasilkan oleh motor. Adapun teori dari konsumsi bahan bakar dapat menggunakan rumus sebagai berikut (Prahara, 2017):

$$SFOC = mf/P \quad 1.3$$

Keterangan :

SFOC : pemakaian bahan bakar spesifik

mf : Massa Flow Rate ( gr/h )

P : daya ( Kw )

## 2.3 Emisi

Gas buang kendaraan bermotor terdiri dari atas zat yang tidak beracun, seperti nitrogen ( $N_2$ ), Karbondioksida ( $CO_2$ ), dan uap air ( $H_2O$ ), dan zat beracun seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), oksida nitrogen ( $NO_x$ ), sulfur oksida ( $SO_x$ ), zat debu timbal (Pb), dan partikulat. (Hadi, 2017)

Gas nitrogen oksida ( $NO_x$ ) terbagi menjadi dua macam yaitu gas nitrogen monoksida dan gas nitrogen dioksida. Kedua macam gas tersebut memiliki sifat yang sangat berbeda dan keduanya berbahaya bagi kesehatan. Udara yang mengandung gas NO dalam batas normal relative aman dan tidak berbahaya, kecuali bila gas NO berada dalam konsentrasi tinggi. (Hadi, 2017)

## 2.4 Analisa Pembakaran

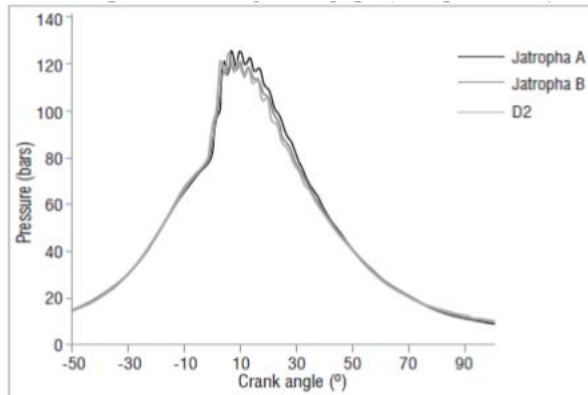
Semua mesin diesel harus diketahui karakteristik dan unjuk kerjanya. Karakteristik yang umum ditunjukkan adalah daya yang dihasilkan, torsi dan kebutuhan bahan bakar spesifik. Perbedaan antara pembakaran motor diesel berbahan bakar minyak dan emulsi adalah induksi Bahan bakar diesel dalam air bakar secara signifikan bersih. (Prahara, 2017)

Emulsi diperoleh dengan proses mikronisasi mekanis dan ultrasuara yang menghasilkan tetesan mikro yang dibentuk oleh tiga elemen dasar produk: air dalam inti, bahan bakar hidro yang menutupi partikel air dan akhirnya pengemulsi antara kedua unsur sebelumnya dengan membran yang juga membantu. dalam mengikat partikel ke tetes mikro lainnya. Sifat bahan bakar baru yang dihasilkan memodifikasi urutan pembakaran tradisional. Injektor mesin menyemprotkan bahan bakar dengan mengompres bahan bakar hidro sedemikian rupa sehingga ledakan panas partikel air terjebak dalam inti tetesan mikro. Hasil panas berlebih ini menghasilkan uap air yang menghasilkan turbulensi di dalam ruang bakar engine. Uap ini memecah molekul hidrofuel yang menghasilkan pembakaran bahan bakar secara menyeluruh yang mengkompensasi hilangnya energi karena adanya partikel air yang ditambahkan. Uap juga menghilangkan partikel sisa yang tidak terbakar dan membantu pembersihan bagian-bagian mesin dan sistem pembuangan. (Pahlevi, 2017)

Combustion analysis process merupakan penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan karakteristik proses pembakaran meliputi ignition delay, maximum pressure, heat release dan knocking. (Budi, 2016)

Pada penelitian yang telah dilakukan pada biodiesel yang berbahan dasar biji Jarak pagar (*Jatropha curcas*) yang berasal dari Kenya. Didapatkan suatu hasil proses pembakaran mesin sebagai berikut (Budi, 2016):

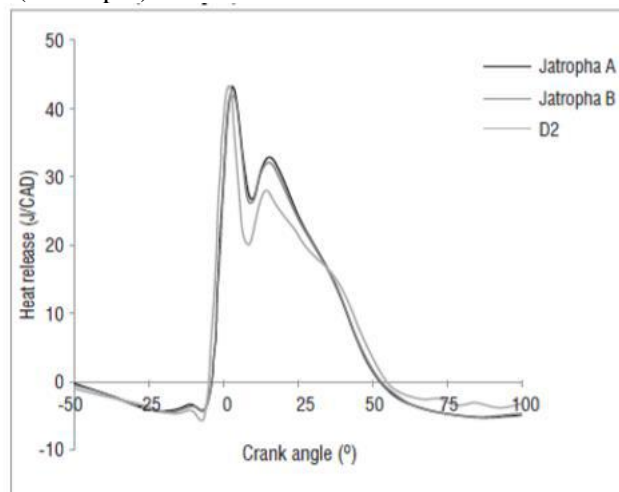
**2.4.1** Tekanan tertinggi yang dialami oleh piston terjadi pada busur derajat engkol dengan beban maximum. Proses penelitian ini menggunakan perbandingan jenis komposisi kandungan biodiesel biji Jarak pagar (*Jatropha curcas*).



**Gambar 2.3 Max Preasure Vs Crank Angle Degree**

Sumber: (Budi, 2016)

**2.4.1** Heat release atau pelepasan panas, merupakan variasi pelepasan panas dengan derajat sudut engkol untuk bahan bakar pada kondisi beban penuh dan kecepatan mesin konstan (3000 rpm).



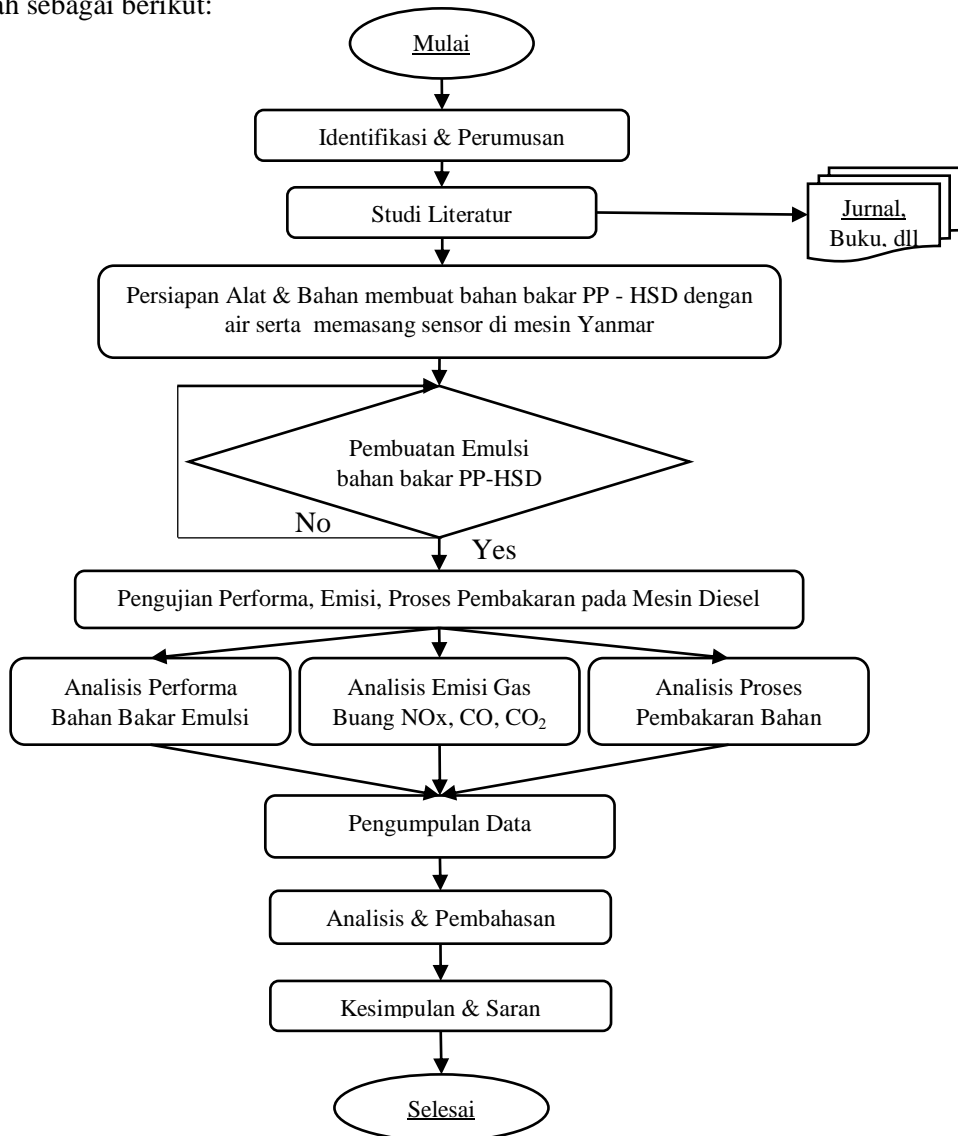
**Gambar 2.4 Heat release Vs Crank angle degree**

Sumber: (Budi, 2016)

### BAB III

#### METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan penulis dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan metode eksperimen. Adapun diagram metodologi yang digunakan adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.1. Flowchart Pengerjaan**

Gambar 3.1 merupakan flowchart alur pengerjaan tugas akhir yang menjadi acuan dalam pengerjaan tugas akhir ini yaitu :

### 3.1 Perumusan Masalah

Pada tahap ini, perumusan masalah menjadi tahap awal dalam pengerjaan tugas akhir ini. Perumusan masalah dilakukan dengan menggali informasi dengan melakukan mempelajari kajian yang telah dilaksanakan sebelumnya. Perumusan masalah yang didapatkan penulis merupakan pengembangan dari beberapa kajian yang telah dilaksanakan sebelumnya yaitu *Emulsifikasi campuran sampah plastik polipropilen dan high speed diesel dengan air untuk menghasilkan bahan bakar cair Wibawa (2006) dalam penelitian tersebut sudah terbukti Emulsifikasi campuran sampah plastik polipropilen dan high speed diesel dengan air dapat menghasilkan bahan bakar cair*. Sehingga pada tugas akhir ini penulis mengembangkan gagasan tersebut untuk menganalisa dampak bahan bakar tersebut langsung pada mesin disesel yang meliputi performa, proses pembakaran dan emisi yang dihasilkan. Dengan mencoba variasi – variasi lan baik pencampuran PP-HSD maupun variasi pada emulsi dengan air.

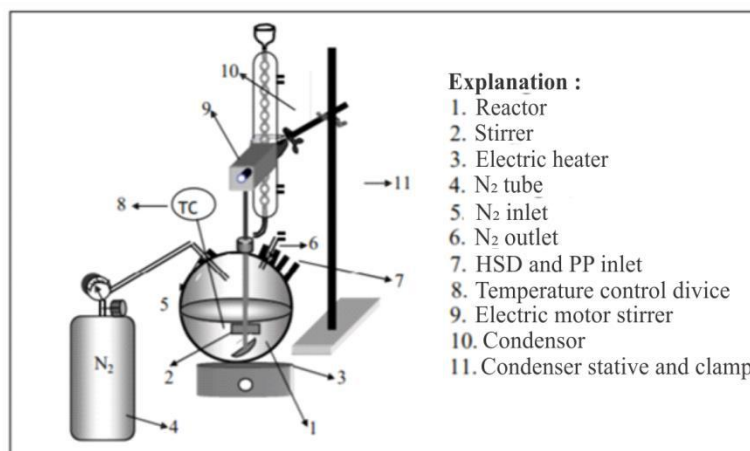
### 3.2 Studi Pustaka

Studi pustaka adalah suatu metode yang dipergunakan dalam penelitian ilmiah yang dilakukan dengan membaca dan mengolah data yang diperoleh dari literatur. Data yang dibaca dan diolah adalah data yang berhubungan dengan hasil – hasil penelitian yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya.

- a. *Internal Combustion Engine*, second edition (Ganesan, V, 2006)
- b. *Scoville's ; The Art Of Compounding*, Ninth Edition (Jenkins, G.L. 1957)
- c. Artikel dan jurnal tentang performa, proses pembakaran dan emisi pada mesin diesel
- d. Artikel dan jurnal tentang pemanfaatan polipropilen sebagai bahan bakar cair

### 3.3 Peralatan

Peralatan eksperimen yang digunakan pada percobaan ini yaitu bejana kaca berukuran 1 liter, motor pengaduk, pemanas listrik, termokopel dan termocontroller, kondensor dan dilengkapi dengan tabung N2 serta homogenizer. Diagram skematis dari peralatan percobaan ditunjukkan pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2. Rangkaian Peralatan Pelarutan PP dalam HSD**

Sumber: Wibawa (2006)

### 3.4 Bahan yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan bahan bakar bahan bakar dextrite (HSD), limbah plastik polipropilen (PP), surfaktan, dan aquades. Pemilihan HSD sebagai solven didasarkan pada aplikasi dan konsumsi HSD adalah paling besar diantara konsumsi bahan bakar minyak lainnya, dan titik didih HSD lebih tinggi dari titik leleh PP. Sedangkan limbah plastik polipropilen yang digunakan berasal dari bekas kemasan air mineral. Pertimbangan utama pada pemilihan limbah plastik bekas kemasan air mineral tersebut karena limbah tersebut banyak terdapat di sekitar kita sehingga mudah didapat, dan warnanya bening dengan asumsi sedikit mengandung bahan aditif. Untuk surfaktan yang digunakan adalah surfaktan non ionik yang larut dalam air.

### 3.5 Prosedur Pembuatan Emulsi

Tahapan Pembuatan Emulsi yang akan dilakukan terdiri dari tiga tahap yaitu tahap pelarutan polipropilen dalam HSD, tahap penambahan air dan surfaktan, dan tahap pengamatan dan analisa. Pada tahap pelarutan polipropilen dalam HSD, peralatan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1, dimana limbah polipropilen (bekas gelas air mineral) di cuci dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada permukaannya, setelah itu dikeringkan dan dipotong-potong dengan ukuran 0.5 x 0.5 cm. HSD dan potongan PP dengan fraksi massa tertentu dimasukkan ke dalam labu leher empat yang dilengkapi kondensor dan pengaduk. Labu leher empat yang sudah berisi solar dan potongan limbah PP tersebut dipanaskan menggunakan pemanas listrik dan diaduk dengan kecepatan konstan 200 rpm untuk menjaga homogenitas campuran. Agar PP dapat larut sempurna dalam HSD maka larutan harus dipanaskan hingga melebihi titik leleh PP yaitu 165°C. Setelah tercapai suhu tersebut, pemanas dimatikan dan larutan didinginkan. Selama eksperimen, air pendingin dialirkan ke dalam kondensor untuk mencegah penguapan solar dan gas N<sub>2</sub> dialirkan ke dalam labu untuk mencegah pembakaran. Selanjutnya

campuran tersebut didinginkan hingga suhu kamar. Pada tahap kedua, campuran PP dan HSD dimasukkan ke dalam bejana berisi aquades dengan massa tertentu untuk diaduk dalam homogenizer sehingga didapatkan campuran yang homogen. Kemudian surfaktan dengan jumlah tertentu dimasukkan ke dalam bejana tersebut, untuk selanjutnya campuran tersebut dianalisa propertinya. Kemudian dilakukan uji karakteristik pada hasil emulsi.

Pada proses ini dilaksanakan penelitian untuk dalam pembuatan bahan bakar yang digunakan sebagai bahan untuk melaksanakan keseluruhan proses dalam penelitian ini.

### 3.5.1 Pelarutan Polipropilen pada HSD

Proses pelarutan polipropilen pada *HSD* dilaksanakan dengan beberapa variable pelarutan:

1. BP4 = 4% PP + 96% HSD
2. BP5 = 5% PP + 95% HSD
3. BP6 = 6% PP + 94% HSD
4. BP10 = 10% PP + 90% HSD
5. BP20 = 20% PP + 80% HSD

Dengan pelarutan polipropilen didalam HSD ini diharapkan dapat meningkatkan nilai kalor HSD. Perlunya suhu tinggi untuk melelehkan PP menyebabkan dalam proses pelarutan ini diperlukan  $N_2$  sebagai Gas inert agar selama proses pelarutan HSD tidak terbakar.

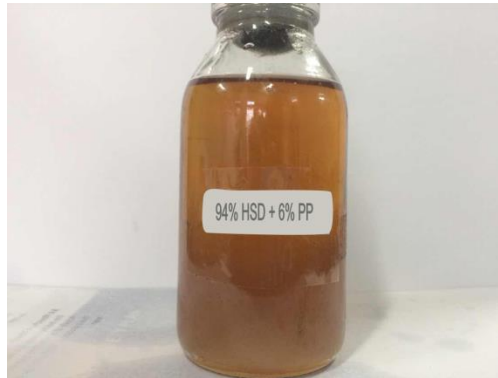
Dalam pelaksanaannya polipropilen bekas minuman kemasan dipotong kecil – kecil dengan ukuran 5 x 5 mm. pemotongan ini ditujukan agar pelelehan PP dalam HSD lebih cepat dan merata. Kemudian masukan pp yang sudah berukuran kecil tersebut campurkan dalam HSD dengan perbandingan sesuai penjelasan di atas. Kemudian dengan labu leher panaskan campuran tersebut hingga suhu  $160^{\circ}C$ , selama proses pemanasan diperlukan aliran  $N_2$  sebagai gas inert.



**Gambar 3.3 PP larut pada HSD**

Setelah proses tersebut terlaksana dinginkan larutan.





**Gambar 3.4 PP larut pada HSD pada suhu ruangan**

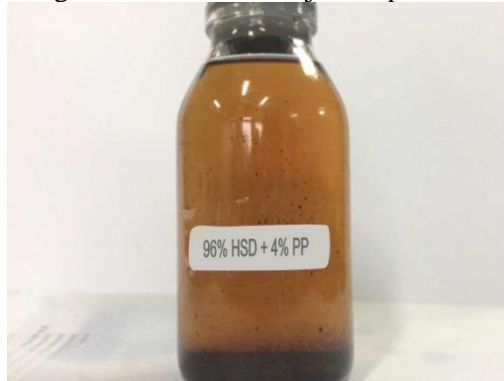
Setelah proses larutan PP-HSD sudah pada suhu ruangan kemudian dilakukan pengamatan visual larutan berhubungan dengan pemisahan larutan atau PP yang tidak larut seluruhnya pada HSD. Berikut ditampilkan perbandingan dan analisa dari fenomena tersebut.



**Gambar 3.5 hasil pelarutan PP-HSD setiap variable**

Dari seluruh variasi pencampuran PP-HSD yang dilaksanakan pada penelitian kali ini mendapatkan pada BP20 terlihat sangat jelas adanya disparitas bahkan pada suhu ruangan ini bahan bakar tersebut berbentuk gel bukan dalam bentuk cair. Begitu pula pada BP10 masih terdapat gel ditengah – tengah larutan namun secara visual gel dari BP10 tidak sejelas pada BP20. Pada BP6 gel sudah terlihat namun masih adanya kabut putih yang mengendap di dalam larutan yang menunjukkan adanya PP yang belum larut keseluruhan pada HSD. Begitupula dengan BP5 masih terlihat kabut endapan yang mengumpul dibawah larutan namun jumlah endapan tersebut berkurang dibandingkan BP5. BP4 memiliki visual yang berbeda dibandingkan dengan variasi BP-lainya dimana pada BP4 sendiri tidak terjadi endapan kabut

maupun gel, dari penampilan visual ini penulis menggunakan variasi BP4 sebagai bahan bakar yang akan digunakan untuk melanjutkan penelitian ini.



**Gambar 3.6 BP4**

### **3.5.2 Pembuatan Bahan Bakar Emulsi HSD-PP dengan Air**

Berdasarkan studi literasi pada BAB II pencampuran HSD-PP dapat meningkatkan nilai dari kalor HSD. Kemudian berdasarkan hipotesa penulis nilai emisi dari bahan bakar PP-HSD akan lebih besar dari HSD ketika di lakukan eksperimen langsung pada mesin diesel. dari sini penulis melaksanakan emulsi air dengan HSD-PP dengan tujuan menurunkan nilai emisi dari bahan bakar tersebut. Kemudian dari bahan bakar PP-HSD hasil pencampuran sesuai pada 4.1.1 yang akan digunakan adalah BP4.

Pada proses emulsi ini pula dilaksanakan eksperimen dengan membuat beberapa variable. Variable tersebut adalah sebagai berikut:

1. BE1 = 88% BP4 + 10% Air + 1% Span 80 + 1% Tween 80
2. BE2 = 86% BP4 + 10% Air + 2% Span 80 + 2% Tween 80
3. BE3 = 84% BP4 + 10% Air + 3% Span 80 + 3% Tween 80
4. BE4 = 82% BP4 + 10% Air + 4% Span 80 + 4% Tween 80
5. BE5 = 76% BP4 + 20% Air + 4% Span 80 + 4% Tween 80

Pada proses emulsifikasi ini yang pertama dilaksanakan adalah menyiapkan bahan bakar HSD-PP, buat takaran sesuai ketentuan diatas kemudian dengan mixer aduk HSD-PP sembari menuangkan span 80 dan tween 80 secara bersamaan. Kemudian tuangkan aquades sesuai dengan persentase sesuai tertera diatas. Pengadukan dilaksanakan selama 5 jam untuk seluruh variable emulsi.

Pemilihan variable diatas diharapkan dapat memperlihatkan perbedaan yang terjadi dari penggunaan surfaktan maupun penambahan aquades. Kemudian juga dilaksanakanya beberapa variable dalam penelitian ini juga bertujuan untuk menggunakan surfktan se efektif mungkin.

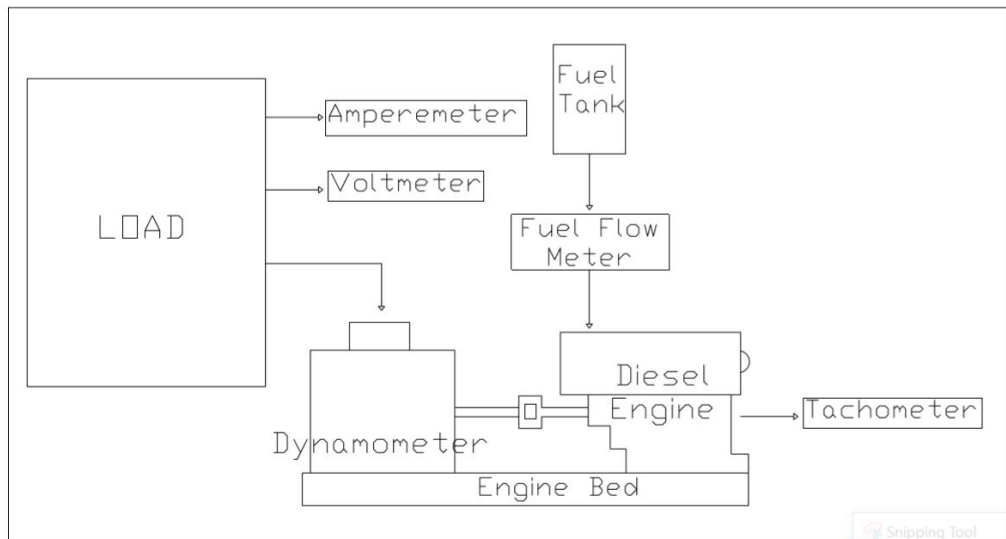
Dari proses yang dilaksanakan pada emulsi ini didapatkan hasil sebagai berikut:



**Gambar 3.7 Hasil Emulsi**

Melalui pengamatan visual pada hasil emulsi Gambar 4.5 pada BE1 terjadi ketidak sempurnaan emulsi yang diunjukkan oleh terbentuknya sparasi antara air dan minyak. Namun kemudian ketika dilaksanakan emulsi pada BE2 terbentuk emulsi yang lebih sempurna dengan tidak terbentuknya pemecahan antara air dan minyak. Hal ini menunjukan kejadian pada BE1 terjadi karena kurangnya surfaktan yang digunakan dalam pelaksanaan emulsi. BE1 sendiri disebut separasi atau terjadi perpecahan emulsi dilihat dari adanya perbedaan warna larutan dan juga adanya batas yang menunjukan ada 2 jenis fluida yang tidak bersatu. Untuk BE3 dan BE4 tidak memiliki perbedaan signifikan secara visual dengan BE2. Sedangkan untuk BE5 sendiri terlihat tidak ada perpecahan fluida yang terjadi. Terlihat fluida bercampur dengan baik menjadi 1 namun memiliki warna yang keruh dibandingkan dengan variable lain ini kemungkinan terjadi dikarenakan kandungan air yang diemulsikan lebih besar namun jumlah surfaktan yang digunakan cukup untuk mengemulsikan keseluruhan dari molekul air dan minyak dalam campuran.

### 3.6 Engine Set-up



**Gambar 3.8 Engine Set-up**

Peralatan yang dipakai:

1. Yanmar TF 85 MH
2. Electric dynamometer
3. Control panel
4. Fuel
5. Amperemeter
6. Voltmeter
7. Tachometer

Untuk penentuan variabel bahan bakar yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

2. Variabel Bahan Bakar
  - a. Dexlite 100%
  - b. HSD Wlingi = Bahan bakar plastik 100% (Bahan bakar ini di buat di Kecamatan Wlingi, Kabupaten Blitar oleh Bapak Muryani)
  - c. BP4 = Dexlite 96% + PP 4%
  - d. BE2 = BP4 82% + 2% Tween80 + 2% Span80 + 4% PP + 10% Air
3. Variabel RPM
  - a. Pada RPM 1800
  - b. Pada RPM 2000
  - c. Pada RPM 2000
  - d. Pada RPM 2100
  - e. Pada RPM 2200

#### 4. Variabel Beban

- a. Pada beban 0% yaitu 0 Watt
- b. Pada beban 25% yaitu 1000 Watt
- c. Pada beban 50% yaitu 2000 Watt
- d. Pada beban 75% yaitu 3000 Watt
- e. Pada beban 100% yaitu 4000 Watt

### 3.7 Uji Karakteristik Bahan Bakar

Pada tahap ini merupakan tahap uji karakteristik yang dilakukan dalam skala laboratorium. Karakteristik utama yang harus diuji adalah sebagai berikut.

#### 3.7.1 Angka Cetane

Ukuran yang menunjukkan kualitas dari bahan bakar untuk diesel, Dalam mesin diesel angka bahan bakar setana yang lebih tinggi akan memiliki periode pengapian lebih pendek daripada bahan bakar setana bernilai rendah. Semakin tinggi angka setana akan lebih mudah bagi bahan bakar untuk terbakar dalam kompresi, Dengan bahan bakar yang mudah terbakar maka akan mengurangi ketukan dari mesin diesel, sehingga mesin akan lebih halus.

#### 3.7.2 Kandungan Sulfur

Sulfur menjadi masalah utama dari mesin diesel, Karena semakin tinggi sulfur dalam kandungan solar akan memancing kadar asam berlebih. Situasi ini berakibat kerusakan pada komponen mesin, mulai dari kerak, hingga saluran bahan bakar. Kerak di saluran bahan bakar dapat mengganggu suplai solar yang dialirkan ke dalam silinder, efek langsungnya mengganggu kinerja mesin, mulai dari penurunan tenaga sampai kerusakan lebih serius.

#### 3.7.3 Viskositas

Viskositas merupakan ukuran kekentalan yang menyatakan besar kecilnya gesekan didalam fluida. Pada motor diesel viskositas berpengaruh pada kemudahan bahan bakar untuk mengalirkan di dalam saluran bahan bakar, pompa, dan injektor. Semakin rendah viskositas bahan bakar, maka semakin mudah bahan bakar tersebut mengalir.

#### 3.7.4 Densitas

Berat jenis (*density*) didefinisikan sebagai perbandingan antara berat (kg) per satuan volume ( $m^3$ ) bahan bakar. Berat jenis dapat dipengaruhi oleh perubahan temperatur temperature dan tekanan yang dialami oleh bahan bakar biodiesel. Semakin tinggi tekanan yang dialami bahan bakar biodiesel maka berat jenisnya semakin tinggi. Sedangkan semakin tinggi temperatur yang dialami bahan bakar biodiesel maka berat jenisnya semakin menurun.

#### 3.7.5 Titik Nyala (*flash point*)

Titik nyala adalah temperatur terendah suatu bahan bakar yang pada saat dipanaskan, maka uap yang bercampur dengan udara dari hasil pemanasan tersebut akan menyala bila diberikan kompresi yang tinggi.

#### 3.7.6 Pour point

Titik tuang merupakan batas temperatur tuang dimana mulai terbentuk kristal-kristal paraffin yang dapat menyumbat saluran bahan bakar dan injektor. Pada titik tuang yang tinggi bahan bakar tidak dapat mengalir sempurna dan tidak akan terjadi

atomisasi yang baik ketika diinjeksikan ke ruang bakar motor diesel. Oleh karena itu kandungan *properties* dari biodiesel sebagai pengganti minyak solar harus diperhatikan kualitasnya.

### **3.7.7 Lower Heating Value(LHV)**

Nilai panas (nilai pembakaran) atau HV (*Heating Value*) adalah jumlah panas yang dikeluarkan oleh 1 kg bahan bakar bila bahan bakar tersebut dibakar. Pada gas hasil pembakaran terdapat  $H_2O$  dalam bentuk uap atau cairan. Nilai kalor biasanya digunakan pada bahan bakar dan merupakan karakteristik dari bahan bakar tersebut. Terdapat dua macam nilai pembakaran yaitu nilai pembakaran atas atau *Higher Heating Value* (HHV) dan nilai pembakaran bawah atau *Lower Heating Value* (LHV). HHV merupakan nilai pembakaran bila didalam gas hasil pembakaran terdapat  $H_2O$  berbentuk cairan, sedangkan LHV yaitu nilai pembakaran bila didalam gas hasil pembakaran terdapat  $H_2O$  berbentuk gas.

### **3.8 Proses pengujian dan pengambilan data**

Pada proses ini akan dilaksanakan uji pada mesin diesel untuk mengetahui ujuk kerja mesin diesel, proses pembakaran yang terjadi, dan emisi gas buang dengan menggunakan 4 macam variasi bahan bakar.

### **3.9 Pengolahan dan analisa data**

Data yang diperoleh dikumpulkan, diolah dan melakukan verifikasi data yang diperoleh dari hasil pengujian dengan data pustaka untuk selanjutnya dihitung berapa torsi, power, SFC, BMEP dan emisi yang dihasilkan oleh masing masing percobaan

### **3.10 Penyusunan laporan**

Penyusunan laporan mulai dilakukan, asistensi dilakukan dengan dosen pembimbing Tugas Akhir yang bertujuan untuk mendapatkan tambahan pengetahuan dan masukan dari dosen pembimbing, serta koreksi terhadap kesalahan – kesalahan yang terjadi dalam penyusunan laporan Tugas Akhir. Berdasarkan data – data yang diperoleh

## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Properties Bahan Bakar BE2

Dalam pembuatan bahan bakar HSD tentunya ada standar – standar yang perlu dipenuhi, antara lain: Densitas, *kinematic viscosity at 40°C*, titik kabut (*pour point*), titik nyala (*flash point*), dan Nilai kalori. Pada penelitian ini, bahan bakar high speed diesel (HSD) didapatkan dari proses pengolahan limbah plastik polipropilen (PP). Dari limbah plastic polipropilen tersebut diolah untuk dihasilkan bahan bakar emulsi antara PP-HSD dan air yang pada penelitan ini disebut (BE2). Pengolahan dan pembuatan bahan bakar tersebut kualitasnya harus dijaga sehingga memiliki *properties* yang memenuhi standar yang telah ditentukan, maka untuk menentukan kualitasnya diperlukan pengujian *properties* dari BE2 tersebut. Pada penelitian ini, pengujian *properties* BE2 dilakukan di Laboratorium Energi ITS.

**Tabel 4.1 Properties BE2 dan HSD Wlingi**

Parameters	Result		Unit	Test Methode
	BE2	HSD Wlingi		
Cetane Number	51,2	67,3	-	Cetana Meter
Density in 15°C	0,831	0,83	gr/cm <sup>3</sup>	ASTM D 1480 – 81
Viscosity 40°C	3,98	2,29	Cst	ASTM D 445 – 97
Flash Point	70	52	°C	ASTM D 93 – 00
Pour Point	4	1	°C	ASTM D 97 – 85
LHV	42998,436	43044,956	kJ/kg	ASTM D 240

Data dari hasil uji *properties* BE2 ini akan dianalisa yang mengacu pada bahan bakar dexlite milik pertamina untuk setiap parameternya. Analisa parameter *properties* dalam pengujian ini meliputi densitas, viskositas, *flash point*, *pour point*, dan nilai kalori.

#### 4.1.1 Densitas (Berat Jenis)

Densitas atau dapat disebut sebagai berat jenis adalah perbandingan antara massa dengan volume bahan bakar. Densitas dari suatu jenis bahan bakar juga dipengaruhi oleh temperatur, dimana semakin tinggi temperatur maka densitasnya semakin turun, sebaliknya jika temperatur semakin rendah maka densitasnya akan semakin tinggi. Pada pengujian bahan bakar BE2 mengukur densitas pada temperatur 15°C mengacu pada nilai minimal untuk bahan bakar dexlite milik pertamina. Densitas pada BE2 sebesar 831kg/m<sup>3</sup>. Nilai densitas pada BE2 ini telah memenuhi standar Dexlite dimana yang memiliki batas nilai 815 – 870 kg/m<sup>3</sup>.

#### 4.1.2 Viskositas

Viskositas atau kekentalan merupakan ukuran yang menyatakan besar kecilnya gesekan didalam fluida. Kekentalan memiliki pengaruh pada saat pengkabutan (atomisasi) saat penginjeksian bahan bakar kedalam ruang bakar. Jika kekentalan

terlalu tinggi maka memiliki atomisasi yang rendah sehingga pembakaran kurang sempurna dan mesin diesel akan kesulitan dalam *starting*. Namun, jika viskositas terlalu kecil akan membawa dampak lain yang berupa keausan pada komponen pompa injeksi. mengacu pada nilai minimal untuk bahan bakar dextrite milik Pertamina bahwa viskositas dari bahan bakar dextrite harus mempunyai nilai antara 2 – 4,5 Cst. Nilai viskositas pada BE2 menunjukkan nilai sebesar 3,98 cst. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa nilai viskositas sudah memenuhi standar kualitas berdasarkan dextrite Pertamina

#### 4.1.3 Flash Point (Titik Nyala)

Nilai dari flash poin menunjukkan suhu dimana terbentuknya uap diatas permukaan bahan bakar, dalam hal ini flash poin menunjukkan kemudahan bahan bakar untuk terbakar. Makin tinggi *flash point*, maka bahan bakar semakin sulit terbakar. pada nilai minimal untuk bahan bakar dextrite milik Pertamina sebesar 52°C. Pada penelitian kali ini, didapatkan nilai titik nyala dari BE2 sebesar 70°C. Dapat disimpulkan bahwa BE2 memenuhi Standar pada nilai minimal untuk bahan bakar dextrite milik Pertamina dalam hal nilai titik nyala (*flash point*).

#### 4.1.4 Pour Point (Titik Tuang)

Titik tuang adalah batas suhu dimana pengkristalan akan terjadi atau terbentuknya paraffin yang dapat mengganggu kerja dari sistem bahan bakar maupun menyumbat injektor, dikarenakan paraffin yang terbentuk dapat menyumbat sistem bahan bakar dan injector ataupun terganggunya proses atomisasi pada bahan bakar saat di injeksikan menuju ruang bakar. Pada BE2 memiliki nilai titik tuang sebesar 4°C, dimana nilai tersebut telah memenuhi standar dari bahan bakar dextrite Pertamina yang memiliki batas nilai sebesar maksimal 18°C.

#### 4.1.5 Nilai Kalor

Nilai kalor menunjukkan jumlah energi yang dilepaskan saat terjadi pembakaran sempurna suatu bahan bakar dalam suatu sistem pada aliran yang Steady dan kemudian produk dikembalikan kepada keadaan dari reaktan. Besarnya nilai kalor dari suatu bahan bakar dapat disebut juga sebagai harga mutlak dari entalpi pembakaran bahan bakar. Terdapat dua jenis nilai kalor:

- a. HHV (*Higher Heating Value*), yaitu nilai kalor atas. Nilai kalor atas ditentukan pada saat H<sub>2</sub>O pada produk pembakaran berbentuk cairan.
- b. LHV (*Lower Heating Value*), yaitu nilai kalor bawah. Nilai kalor bawah ditentukan pada saat H<sub>2</sub>O pada produk pembakaran berbentuk gas.

pada BE2 didapatkan sebesar 42.998.436 J/kg, dimana nilai lebih rendah dibanding nilai kalor dari dextrite Pertamina 43.014.718 J/kg.

### 4.2 Properties Bahan Bakar HSD Wlingi

Dalam pembuatan bahan bakar HSD tentunya ada standar – standar yang perlu dipenuhi, antara lain: Densitas, *kinematic viscosity at 40°C*, titik kabut (*pour point*), titik nyala (*flash point*), dan Nilai kalori. untuk menentukan kualitasnya diperlukan pengujian *properties* dari HSD WLING, bahan bakar ini dibuat dikecamatan Wlingi kabupaten Blitar oleh Bapak Muryani. Pada penelitian ini, pengujian *properties* HSD WLINGI dilakukan di Laboratorium Energi ITS.



Data dari hasil uji *properties* HSD WLINGI ini akan dianalisa yang mengacu pada dextrite Pertamina untuk setiap parameternya. Analisa parameter *properties* dalam pengujian ini meliputi densitas, viskositas, *flash point*, *pour point*, dan nilai kalori.

#### 4.2.1 Densitas (Berat Jenis)

Densitas atau dapat disebut sebagai berat jenis adalah perbandingan antara massa dengan volume bahan bakar. Densitas dari suatu jenis bahan bakar juga dipengaruhi oleh temperatur, dimana semakin tinggi temperatur maka densitasnya semakin turun, sebaliknya jika temperatur semakin rendah maka densitasnya akan semakin tinggi. Pada pengujian bahan bakar HSD WLINGI mengukur densitas pada temperatur 15°C mengacu pada nilai minimal untuk bahan bakar dextrite milik Pertamina. Densitas pada HSD Wlingi sebesar 830 kg/m<sup>3</sup>. Nilai densitas pada HSD WLINGI ini telah memenuhi standar Dextrite dimana yang memiliki batas nilai 815 – 870 kg/m<sup>3</sup>.

#### 4.2.2 Viskositas

Viskositas atau kekentalan merupakan ukuran yang menyatakan besar kecilnya gesekan didalam fluida. Kekentalan memiliki pengaruh pada saat pengkabutan (atomisasi) saat penginjeksian bahan bakar kedalam ruang bakar. Jika kekentalan terlalu tinggi maka memiliki atomisasi yang rendah sehingga pembakaran kurang sempurna dan mesin diesel akan kesulitan dalam *starting*. Namun, jika viskositas terlalu kecil akan membawa dampak lain yang berupa keausan pada komponen pompa injeksi. mengacu pada nilai minimal untuk bahan bakar dextrite milik Pertamina bahwa viskositas dari bahan bakar dextrite harus mempunyai nilai antara 2 – 4,5 Cst. Nilai viskositas pada HSD Wlingi menunjukkan nilai sebesar 2,29 cst. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa nilai viskositas sudah memenuhi standard kualitas berdasarkan dextrite Pertamina

#### 4.2.3 Flash Point (Titik Nyala)

Nilai dari flash poin menunjukkan suhu dimana terbentuknya uap diatas permukaan bahan bakar, dalam hal ini flash poin menunjukkan kemudahan bahan bakar untuk terbakar. Makin tinggi *flash point*, maka bahan bakar semakin sulit terbakar. pada nilai minimal untuk bahan bakar dextrite milik Pertamina sebesar 52°C. Pada penelitian kali ini, didapatkan nilai titik nyala dari BE2 sebesar 52°C. Dapat disimpulkan bahwa HSD Wlingi memenuhi Standar pada nilai minimal untuk bahan bakar dextrite milik Pertamina dalam hal nilai titik nyala (*flash point*).

#### 4.2.4 Pour Point (Titik Tuang)

Titik tuang adalah batas suhu dimana pengkristalan akan terjadi atau terbentuknya paraffin yang dapat mengganggu kerja dari sistem bahan bakar maupun menyumbat injektor, dikarenakan paraffin yang terbentuk dapat menyumbat sistem bahan bakar dan injector ataupun terganggunya proses atomisasi pada bahan bakar saat di injeksikan menuju ruang bakar. Pada HSD WLINGI memiliki nilai titik tuang sebesar 1°C, dimana nilai tersebut telah memenuhi standar dari bahan bakar dextrite milik Pertamina yang memiliki batas nilai sebesar maksimal 18°C.

#### 4.2.5 Nilai Kalor

Nilai kalor menunjukkan jumlah energi yang dilepaskan saat terjadi pembakaran sempurna suatu bahan bakar dalam suatu sistem pada aliran yang Steady dan kemudian produk dikembalikan kepada keadaan dari reaktan. Besarnya nilai kalor dari suatu bahan bakar dapat disebut juga sebagai harga mutlak dari entalpi pembakaran bahan bakar. Terdapat dua jenis nilai kalor:

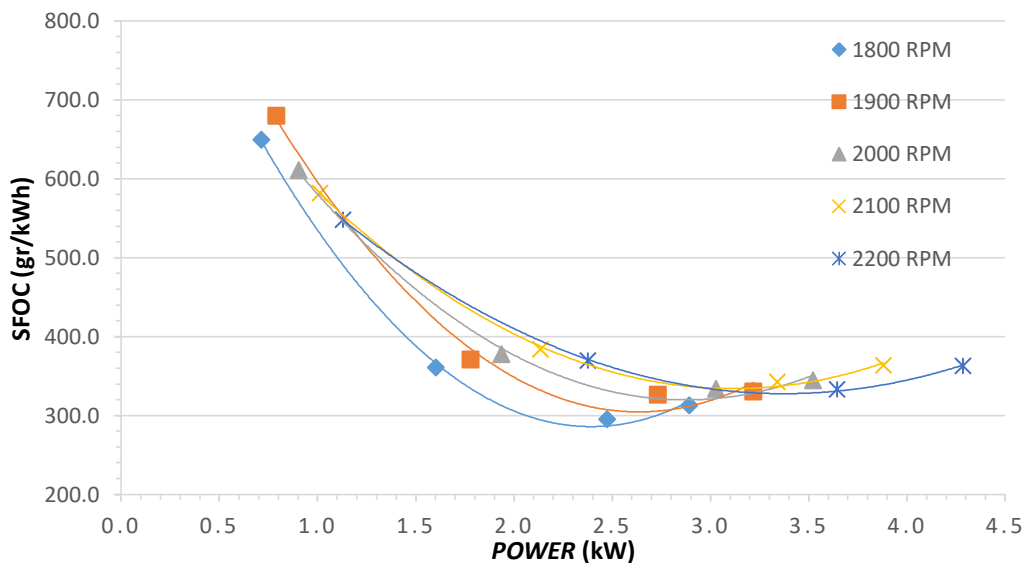
- c. HHV (*Higher Heating Value*), yaitu nilai kalor atas. Nilai kalor atas ditentukan pada saat  $H_2O$  pada produk pembakaran berbentuk cairan.
- d. LHV (*Lower Heating Value*), yaitu nilai kalor bawah. Nilai kalor bawah ditentukan pada saat  $H_2O$  pada produk pembakaran berbentuk gas.

pada HSD WLINGI didapatkan sebesar 43.044.956 J/kg, dimana nilai lebih tinggi dibanding nilai kalor dari dextrite Pertamina 43.014.718 J/kg.

#### 4.3 Hasil Pengujian Performansi

Pada penelitian kali ini dilakukan uji performansi untuk mengetahui pengaruh bahan bakar hasil emulsi antara PP-HSD dengan air (BE2) pada mesin diesel. Penelitian ini menggunakan motor diesel Yanmar berjenis TF 85MH. Hasil dari pengujian ini akan menentukan performa motor diesel menggunakan bahan bakar hasil emulsi antara PP-HSD dengan air dan akan dibandingkan dengan bahan bakar hasil pencampuran langsung PP-HSD (BP4), bahan bakar yang dibuat dari limbah plastik yang didapatkan dari daerah Wlingi dan Dextrite dalam pengujian ini pula digunakan putaran mesin 1800 RPM, 1900 RPM, 2000 RPM, 2100 RPM dan 2200 RPM. Untuk mengetahui performa dari motor diesel, diperlukan rumus perhitungan yang terdapat pada lampiran untuk analisa dan pembahasan mengenai daya, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik (SFOC), dan BMEP.

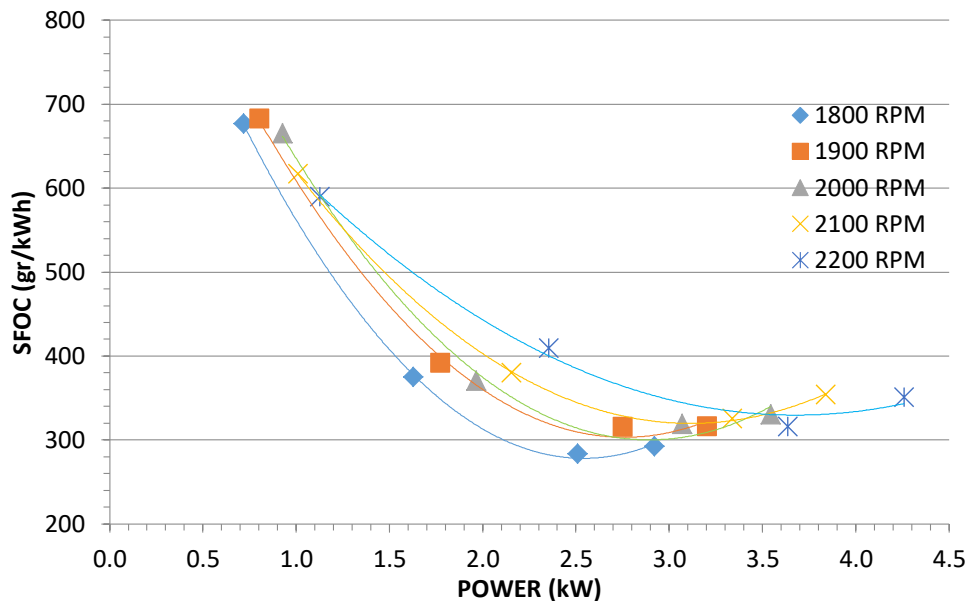
#### 4.3.1 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite



**Grafik 4.1 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite**

Berdasarkan dari grafik 4.1 dapat diamati bahwa daya terbesar dihasilkan masing – masing putaran mesin terdapat pada pembebanan maksimal. Pada putaran 1800 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 2,891 kW, sedangkan pada putaran 1900 rpm didapatkan daya maksimal 3,219 kW. dari pengamatan tersebut terjadi kenaikan daya sejumlah 0,328 kW. Mengamati grafik diatas maka semakin bertambah putaran mesin daya akan mengalami peningkatan dengan besaran 1 – 2 % untuk setiap kenaikan 100 rpm. Selain itu grafik 4.1 juga menunjukan nilai SFOC pada masing – masing rpm. Dari grafik tersebut didapatkan bahwa nilai SFOC terendah pada putaran 1800 rpm adalah 295,4 gr/kWh sedangkan pada putaran 1900 rpm SFOC menunjukan nilai terendah 324,4 gr/kWh, kemudian untuk grafik yang terjadi pada masing – masing putaran mesin menunjukan bahwa setelah mencapai titik terendah SFOC langsung mengalami kenaikan kembali pada penambahan beban berikutnya, fenomena ini dapat terjadi karena adanya overload yang terjadi pada kerja mesin. Titik sebelum terjadinya overload menunjukan kinerja mesin yang paling optimal untuk menerima beban pada setiap putaran, kejadian yang terjadi setelah titik tersebut adalah peningkatan konsumsi bahan bakar yang meningkat dan tidak sebanding dengan peningkatan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel.

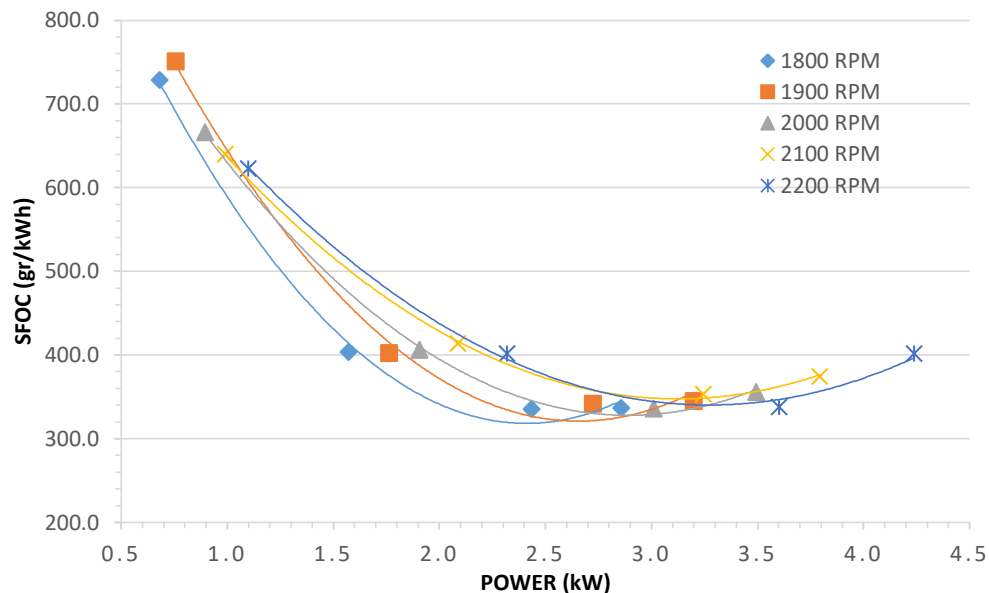
#### 4.3.2 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD Wlingi



**Grafik 4.2. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD Wlingi**

Berdasarkan dari grafik 4.2 dapat diamati bahwa daya terbesar dihasilkan masing – masing putaran mesin terdapat pada pembebanan maksimal. Pada putaran 1800 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 2.920 kW, sedangkan pada putaran 1900 rpm didapatkan daya maksimal 3.204 kW. dari pengamatan tersebut terjadi kenaikan daya sejumlah 0.284 kW. Mengamati grafik diatas maka semakin bertambah putaran mesin daya akan mengalami peningkatan dengan besaran 1 – 2 % untuk setiap kenaikan 100 rpm. Selain itu grafik 4.2 juga menunjukkan nilai SFOC pada masing – masing rpm. Dari grafik tersebut didapatkan bahwa nilai SFOC terendah pada putaran 1800 rpm adalah 283.6 gr/kWh sedangkan pada putaran 1900 rpm SFOC menunjukkan nilai terendah 319.1 gr/kWh, dari data tersebut menunjukkan kenaikan SFOC pada putaran 1800 rpm menuju 2200. Kemudian untuk grafik yang terjadi pada masing – masing putaran mesin menunjukkan bahwa setelah mencapai titik terendah SFOC langsung mengalami kenaikan kembali pada penambahan beban berikutnya, fenomena ini dapat terjadi karena adanya overload yang terjadi pada kerja mesin. Titik sebelum terjadinya overload menunjukkan kinerja mesin yang paling optimal untuk menerima beban pada setiap putaran, kejadian yang terjadi setelah titik tersebut adalah peningkatan konsumsi bahan bakar yang meningkat dan tidak sebanding dengan peningkatan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel.

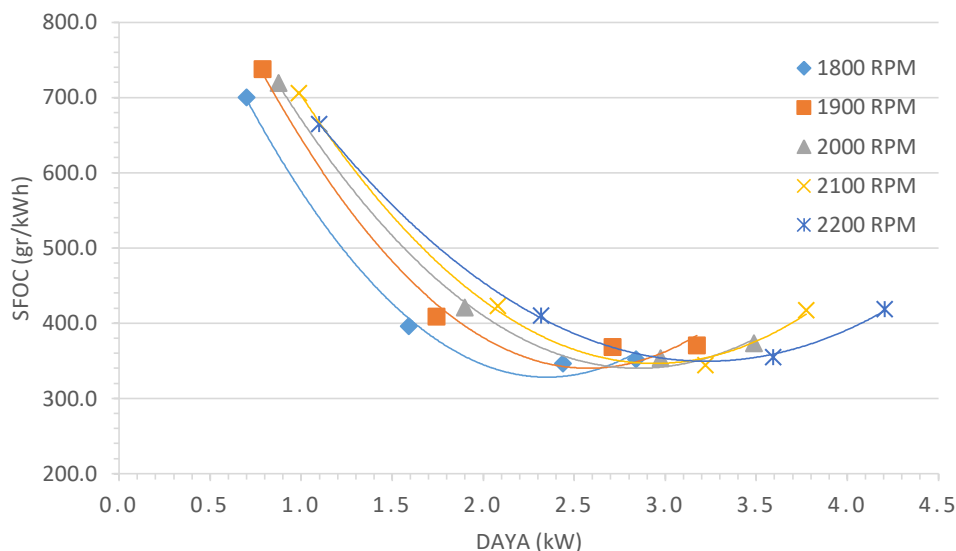
#### 4.3.3 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar BP4



**Grafik 4.3. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar BP4**

Berdasarkan dari grafik 4.3 dapat diamati bahwa daya terbesar dihasilkan masing – masing putaran mesin terdapat pada pembebanan maksimal. Pada putaran 1800 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 2,856 kW, sedangkan pada putaran 1900 rpm didapatkan daya maksimal 3,198 kW. dari pengamatan tersebut terjadi kenaikan daya sejumlah 0,342 kW. Mengamati grafik diatas maka semakin bertambah putaran mesin daya akan mengalami peningkatan dengan besaran 1 – 2 % untuk setiap kenaikan 100 rpm. Selain itu grafik 4.3 juga menunjukkan nilai SFOC pada masing – masing rpm. Dari grafik tersebut didapatkan bahwa nilai SFOC terendah pada putaran 1800 rpm adalah 335,2 gr/kWh sedangkan pada putaran 1900 rpm SFOC menunjukkan nilai terendah 341,6 gr/kWh, Kemudian untuk grafik yang terjadi pada masing – masing putaran mesin menunjukkan bahwa setelah mencapai titik terendah SFOC langsung mengalami kenaikan kembali pada penambahan beban berikutnya, fenomena ini dapat terjadi karena adanya overload yang terjadi pada kerja mesin. Titik sebelum terjadinya overload menunjukkan kinerja mesin yang paling optimal untuk menerima beban pada setiap putaran, kejadian yang terjadi setelah titik tersebut adalah peningkatan konsumsi bahan bakar yang meningkat dan tidak sebanding dengan peningkatan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel.

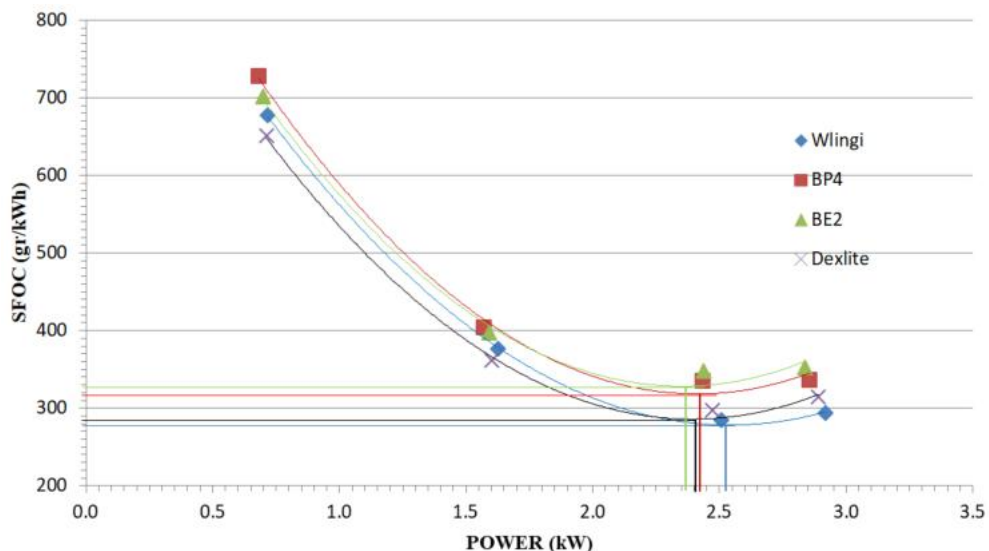
#### 4.3.4 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar BE2



**Grafik 4.4. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar BE2**

Berdasarkan dari grafik 4.4 dapat diamati bahwa daya terbesar dihasilkan masing – masing putaran mesin terdapat pada pembebanan maksimal. Pada putaran 1800 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 2,838 kW, sedangkan pada putaran 1900 rpm didapatkan daya maksimal 3,173 kW. dari pengamatan tersebut terjadi kenaikan daya sejumlah 0,335 kW. Mengamati grafik diatas maka semakin bertambah putaran mesin daya akan mengalami peningkatan dengan besaran 1 – 2 % untuk setiap kenaikan 100 rpm. Selain itu grafik 4.4 juga menunjukkan nilai SFOC pada masing – masing rpm. Dari grafik tersebut didapatkan bahwa nilai SFOC terendah pada putaran 1800 rpm adalah 345.8 gr/kWh sedangkan pada putaran 1900 rpm SFOC menunjukkan nilai terendah 367.8 gr/kWh, dari data tersebut menunjukkan kenaikan SFOC pada putaran 1800 rpm menuju 2200 rpm dan dapat di amati bahwasanya semakin meningkat putaran mesin SFOC juga meningkat. Kemudian untuk grafik yang terjadi pada masing – masing putaran mesin menunjukkan bahwa setelah mencapai titik terendah SFOC langsung mengalami kenaikan kembali pada penambahan beban berikutnya, fenomena ini dapat terjadi karena adanya overload yang terjadi pada kerja mesin. Titik sebelum terjadinya overload menunjukkan kinerja mesin yang paling optimal untuk menerima beban pada setiap putaran, kejadian yang terjadi setelah titik tersebut adalah peningkatan konsumsi bahan bakar yang meningkat dan tidak sebanding dengan peningkatan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel.

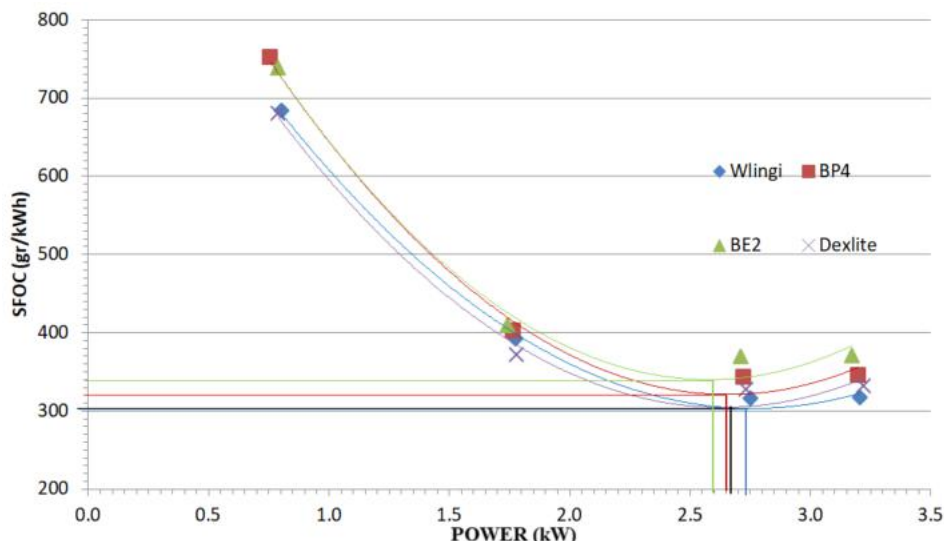
#### 4.3.5 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 1800



**Grafik 4.5. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 1800**

Dari grafik 4.5 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada putaran mesin 1800 rpm, ketika daya maksimum, konsumsi bahan bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 berturut-turut yaitu 313 gr/kWh, 292,4 gr/kWh, 336,2 gr/kWh dan 351,6 gr/kWh. Sedangkan nilai SFOC terendah didapat pada bahan bakar HSD Wlingi dengan nilai sebesar 279 gr/kWh pada saat daya 2,53 kW, untuk Dexlite SFOC terendah pada 283 gr/kWh dengan daya 2,41 kW, kemudian BP4 memiliki SFOC terendah pada 318 gr/kWh pada saat daya 2,43 kW dan untuk BP2 nilai SFOC terendah adalah 328 gr/kWh dengan daya keluaran sebesar 2,37 kW. Hal ini menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar HSD Wlingi lebih kecil dari Dexlite, kemudian BP4 juga menghasilkan SFOC yang lebih rendah dari BE2, namun BP4 maupun BE2 dalam hal SFOC terendah masih memiliki nilai yang lebih tinggi dari Dexlite. Perbedaan SFOC dari BE2 dan BP4 terhadap Dexlite secara berurutan pada SFOC terendah adalah 45 gr/kWh dan 35 gr/kWh.

#### 4.3.6 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 1900

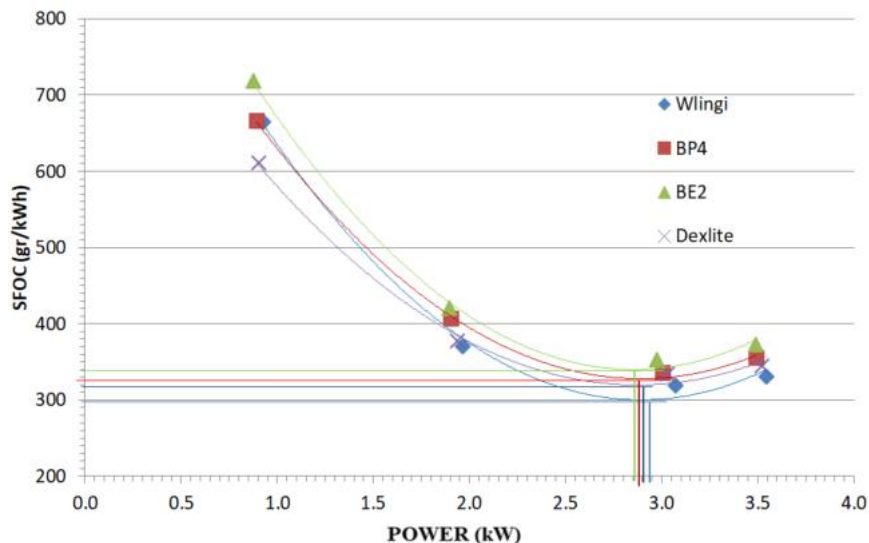


**Grafik 4.6. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 1900**

Dari grafik 4.6 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada putaran mesin 1900 rpm ketika daya maksimum, konsumsi bahan bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 berturut-turut yaitu 330,5 gr/kWh, 316,1 gr/kWh, 344,8 gr/kWh dan 369,7 gr/kWh. Sedangkan nilai SFOC terendah didapat pada bahan bakar HSD Wlingi dengan nilai sebesar 300 gr/kWh pada saat daya 2,72 kW, untuk Dexlite SFOC terendah pada 301 gr/kWh dengan daya 2,67 kW, kemudian BP4 memiliki SFOC terendah pada 320 gr/kWh pada saat daya 2,65 kW dan untuk BP2 nilai SFOC terendah adalah 339 gr/kWh dengan daya keluaran sebesar 2,59 kW. Hal ini menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar HSD Wlingi lebih kecil dari Dexlite, kemudian BP4 juga menghasilkan SFOC yang lebih rendah dari BE2, namun BP4 maupun BE2 dalam hal SFOC terendah masih memiliki nilai yang lebih tinggi dari Dexlite. Perbedaan SFOC dari BE2 dan BP4 terhadap Dexlite secara berurutan pada SFOC terendah adalah 28 gr/kWh dan 19 gr/kWh.



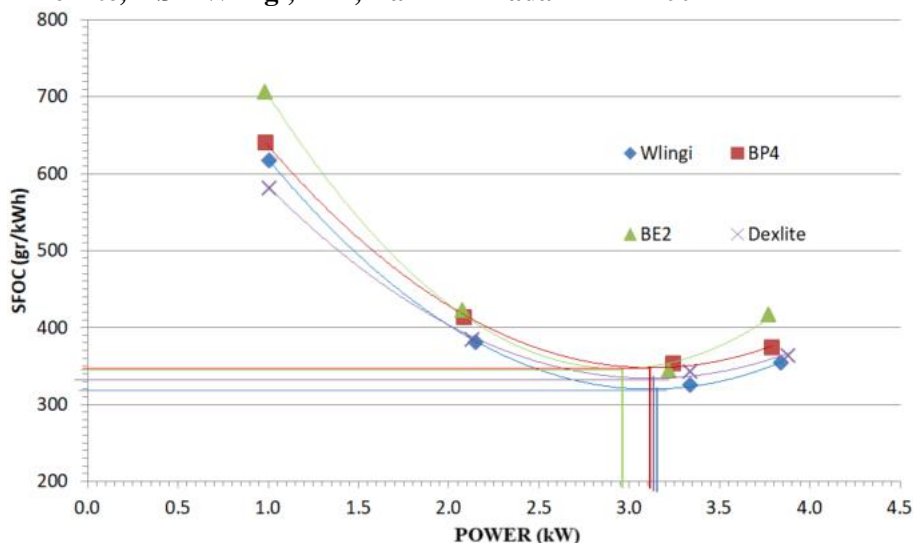
#### 4.3.7 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2000



**Grafik 4.7. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2000**

Dari grafik 4.7 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada putaran mesin 2000 rpm ketika daya maksimum, konsumsi bahan bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 berturut-turut yaitu 344,2 gr/kWh, 330,7 gr/kWh, 355,2 gr/kWh dan 372,9 gr/kWh. Sedangkan nilai SFOC terendah didapat pada bahan bakar HSD Wlingi dengan nilai sebesar 300 gr/kWh pada saat daya 2,94 kW, untuk Dexlite SFOC terendah pada 319 gr/kWh dengan daya 2,9 kW, kemudian BP4 memiliki SFOC terendah pada 320 gr/kWh pada saat daya 2,88 kW dan untuk BP2 nilai SFOC terendah adalah 339 gr/kWh dengan daya keluaran sebesar 2,86 kW. Hal ini menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar HSD Wlingi lebih kecil dari Dexlite, kemudian BP4 juga menghasilkan SFOC yang lebih rendah dari BE2, namun BP4 maupun BE2 dalam hal SFOC terendah masih memiliki nilai yang lebih tinggi dari Dexlite. Perbedaan SFOC dari BE2 dan BP4 terhadap Dexlite secara berurutan pada SFOC terendah adalah 20 gr/kWh dan 9 gr/kWh.

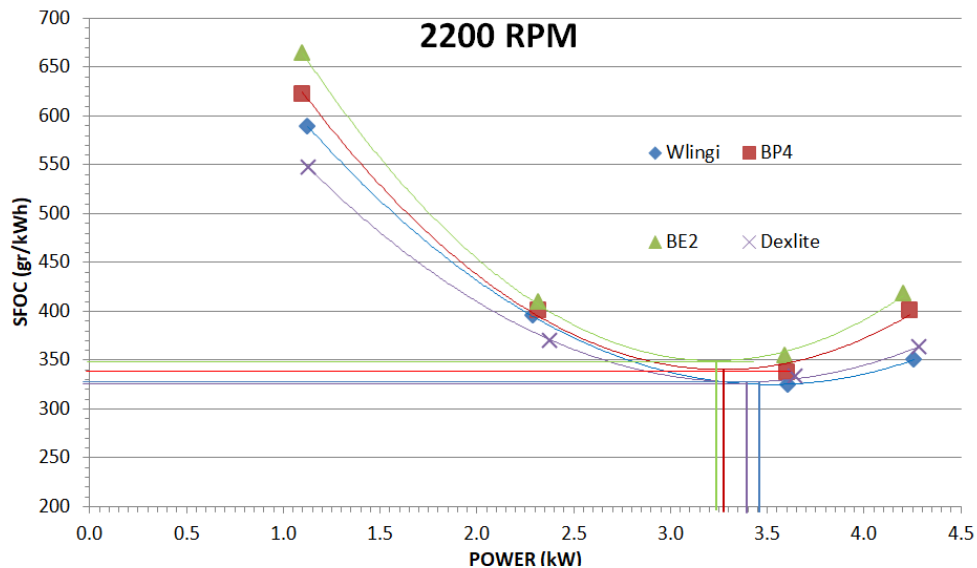
#### 4.3.8 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2100



**Grafik 4.8. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2100**

Dari grafik 4.8 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada putaran mesin 2100 rpm ketika daya maksimum, konsumsi bahan bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 berturut-turut yaitu 363,3 gr/kWh, 353,7 gr/kWh, 373,9 gr/kWh dan 417,2 gr/kWh. Sedangkan nilai SFOC terendah didapat pada bahan bakar HSD Wlingi dengan nilai sebesar 319 gr/kWh pada saat daya 3,15 kW, untuk Dexlite SFOC terendah pada 332 gr/kWh dengan daya 3,13 kW, kemudian BP4 memiliki SFOC terendah pada 345 gr/kWh pada saat daya 3,12 kW dan untuk BP2 nilai SFOC terendah adalah 347 gr/kWh dengan daya keluaran sebesar 2.96 kW. Hal ini menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar HSD Wlingi lebih kecil dari Dexlite, kemudian BP4 juga menghasilkan SFOC yang lebih rendah dari BE2, namun BP4 maupun BE2 dalam hal SFOC terendah masih memiliki nilai yang lebih tinggi dari Dexlite. Perbedaan SFOC dari BE2 dan BP4 terhadap Dexlite secara berurutan pada SFOC terendah adalah 15 gr/kWh dan 13 gr/kWh.

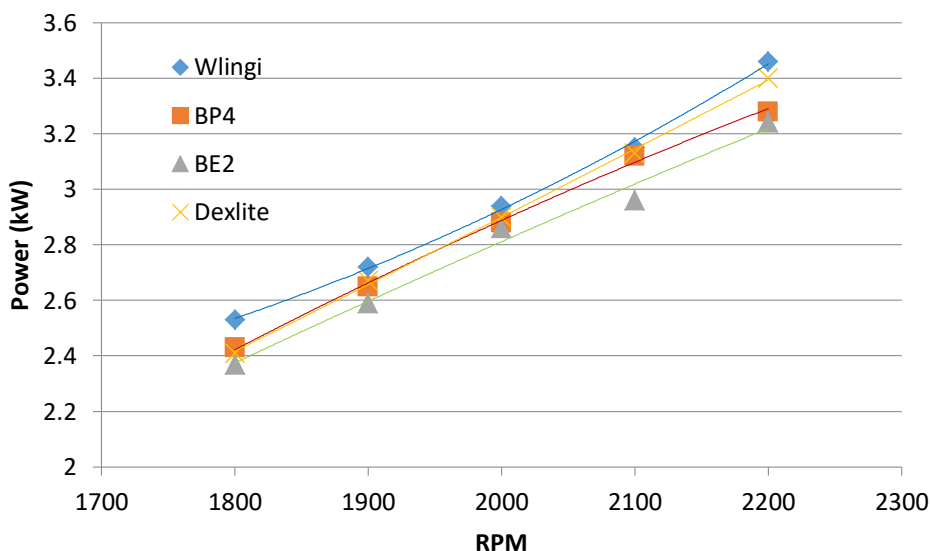
#### 4.3.9 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2200



**Grafik 4.9. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2200**

Dari grafik 4.9 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada putaran mesin 2200 rpm ketika daya maksimum, konsumsi bahan bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 berturut-turut yaitu 362.8 gr/kWh, 350,8 gr/kWh, 401,5 gr/kWh dan 418.6 gr/kWh. Sedangkan nilai SFOC terendah didapat pada bahan bakar HSD Wlingi dengan nilai sebesar 328 gr/kWh pada saat daya 3,46 kW, untuk Dexlite SFOC terendah pada 330 gr/kWh dengan daya 3,4 kW, kemudian BP4 memiliki SFOC terendah pada 340 gr/kWh pada saat daya 3,28 kW dan untuk BP2 nilai SFOC terendah adalah 349 gr/kWh dengan daya keluaran sebesar 3,24 kW. Hal ini menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar HSD Wlingi lebih kecil dari Dexlite, kemudian BP4 juga menghasilkan SFOC yang lebih rendah dari BE2, namun BP4 maupun BE2 dalam hal SFOC terendah masih memiliki nilai yang lebih tinggi dari Dexlite. Perbedaan SFOC dari BE2 dan BP4 terhadap Dexlite secara berurutan pada SFOC terendah adalah 16 gr/kWh dan 12 gr/kWh.

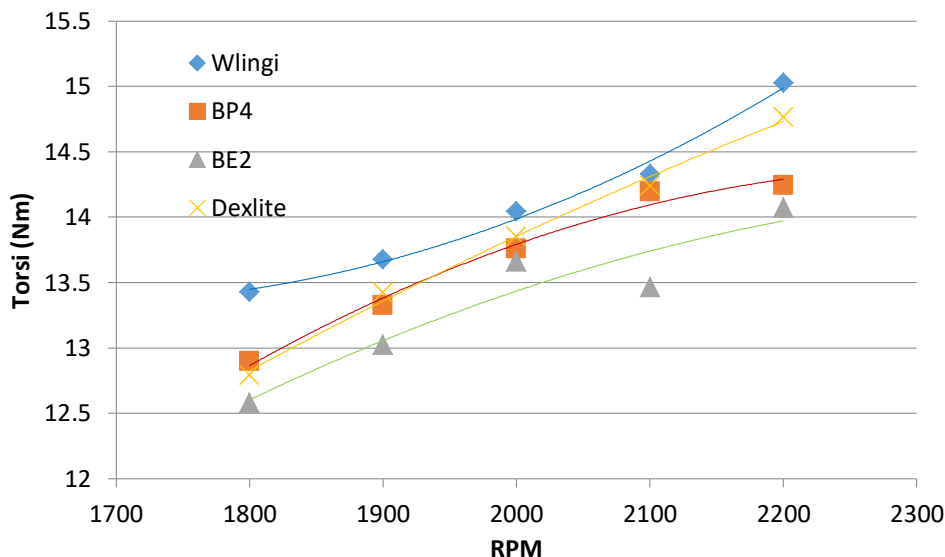
#### 4.3.10 Perbandingan Daya Dengan Putaran *Engine* Pada Beban Penuh.



**Grafik 4.10. Perbandingan Daya Dengan Putaran *Engine* Pada Beban Penuh**

Pada grafik 4.10 merupakan grafik perbandingan daya dengan putaran *engine* pada setiap jenis bahan bakar saat beban penuh, dimana nilainya didapatkan dari grafik SFOC dengan nilai paling rendah pada tiap putaran. Daya tertinggi atau daya puncak didapatkan pada putaran 2200 rpm, dimana dapat disimpulkan pada rpm 2200 merupakan *peak power* dari *engine* tersebut. Dengan menggunakan bahan bakar HSD Wlingi didapatkan daya maksimum sebesar 3,46 kW, Dexlite menghasilkan daya maksimum sebesar 3,4 kW, BP4 menghasilkan daya maksimum sebesar 3,28 kW, BE2 menghasilkan daya maksimum sebesar 3,24 kW. Dari percobaan menggunakan empat jenis bahan bakar tersebut, didapatkan daya terbesar dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar HSD Wlingi dengan selisih 0,27 kW terhadap bahan bakar Dexlite. Pada grafik 4.10 juga dapat dilihat dengan menggunakan bahan bakar BP4 maupun BE2 daya yang dihasilkan tidak lebih besar dari Dexlite, antara BP4 dengan Dexlite terdapat selisih 0,12 kW sedangkan BE2 dengan Dexlite terdapat selisih 0,16 kW dari grafik tersebut terlihat bahwasanya penambahan limbah plastik maupun hasil emulsi belum dapat menghasilkan daya yang melebihi bahan pelarutnya yaitu dexlite. Justru yang terjadi adalah penurunan daya, fenomena ini terjadi dikarenakan nilai cetane dari BE2 lebih kecil dari Dexlite. Sedangkan nilai daya terendah di hasilkan oleh bahan bakar BE2 yaitu 2,37kW.

#### 4.3.11 Perbandingan Torsi Dengan Putaran *Engine* Pada Beban Penuh.

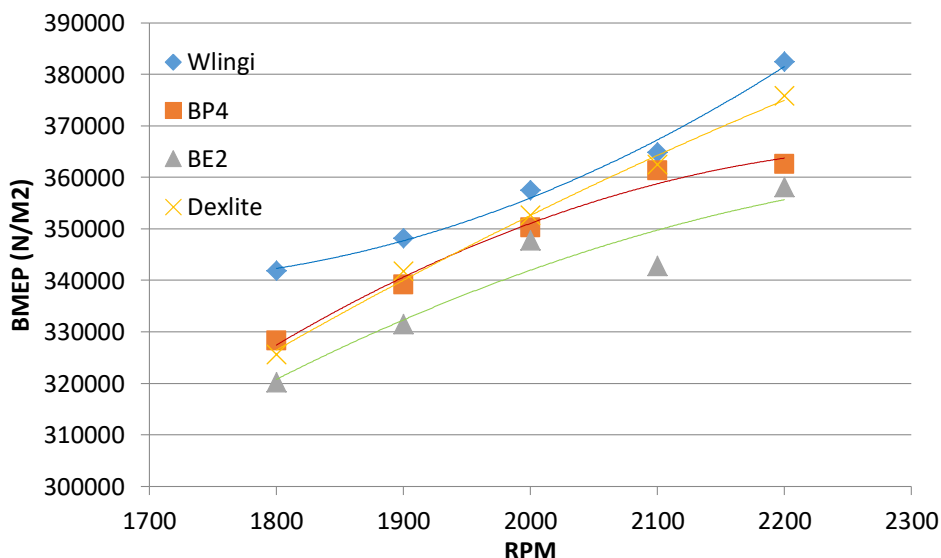


**Grafik 4.11. Perbandingan Torsi Dengan Putaran *Engine* Pada Beban Penuh**

Pada grafik 4.11 merupakan grafik perbandingan torsi maksimum dengan putaran *engine* pada setiap jenis bahan bakar, dimana nilainya didapatkan dari grafik SFOC dengan nilai paling rendah pada tiap putaran. Torsi tertinggi atau torsi puncak didapatkan pada putaran 2200 rpm, dimana dapat disimpulkan pada rpm 2200 merupakan nilai torsi puncak pada *engine* tersebut. Dengan menggunakan bahan bakar HSD Wlingi didapatkan torsi maksimum sebesar 15,02 Nm, Dexlite menghasilkan torsi maksimum sebesar 14,76 Nm, BP4 menghasilkan torsi maksimum sebesar 14,24 Nm, BE2 menghasilkan torsi maksimum sebesar 14,07 Nm. Dari percobaan menggunakan empat jenis bahan bakar tersebut, didapatkan torsi terbesar dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar HSD Wlingi dengan selisih 1,17 Nm terhadap Dexlite. Pada grafik 4.11 juga dapat dilihat dengan menggunakan bahan bakar BP4 Maupun BE2 daya yang dihasilkan tidak lebih besar dari Dexlite, antara BP4 dengan Dexlite terdapat selisih 0,52 Nm sedangkan BE2 dengan Dexlite terdapat selisih 0,69 Nm. sedangkan untuk nilai terendah torsi dikeluarkan oleh bahan bakar BE2 dengan nilai 12,57 Nm. Dari grafik tersebut terlihat bahwasanya penambahan limbah plastik maupun hasil emulsi belum dapat mengeluarkan torsi yang melebihi bahan pelarutnya yaitu dexlite. Justru yang terjadi adalah penurunan torsi. Ada perbedaan tren yang terjadi antara grafik 4.10 dengan 4.11. Memang terlihat pada bahan bakar HSD Wlingi tren menunjukkan kenaikan terus namun jika diamati pada bahan bakar lain seperti pada dexlite yang pada grafik 4.10 memiliki tren terus meningkat dan sedikit lebih melengkung keatas saat putaran 2200 namun di grafik 4.11 justru terlihat adanya sedikit lengkungan menurun pada tren bahan bakar Dexlite di putaran mesin 2200, sedangkan untuk BE2 maupun BP4 hal ini sangat jelas terlihat perbedaan yang terjadi, fenomena ini terjadi dikarenakan torsi yang merupakan fungsi dari pembagian antara daya dengan kecepatan sudut, sehingga pada titik tertentu konversi daya yang terjadi

dari hasil proses pembakaran terkonversi lebih banyak pada putaran. Dan ketika mesin mendapatkan beban yang berat konversi ini lebih terkonsentrasi pada torsi. Sedangkan yang terjadi pada penelitian ini untuk bahan bakar HSD Wlingi merubah energy dari hasil ledakan menjadi gerak piston lebih efisien dari ke tiga bahan bakar lain terlihat dari tetap stabilnya kenaikan torsi meskipun putaran mesin ditambahkan. Berbeda sekali dengan bahan bakar BP4 yang mengalami tren penurunan saat dilakukan kenaikan putaran mesin dari 2100 rpm menuju 2200 rpm, ini berarti daya yang dihasilkan bahan bakar BP4 tidak menghasilkan daya gerak piston yang cukup besar untuk tetap mempertahankan torsi disaat kenaikan putaran.

#### 4.3.12 Perbandingan BMEP Dengan Putaran *Engine* Pada Beban Penuh.



**Grafik 4.12. Perbandingan BMEP Dengan Putaran *Engine* Pada Beban Penuh**

Pada grafik 4.12 merupakan grafik perbandingan BMEP maksimum dengan putaran *engine* pada setiap jenis bahan bakar, dimana nilainya didapatkan dari grafik SFOC dengan nilai paling rendah pada tiap putaran. BMEP tertinggi didapatkan pada putaran 2200 rpm, dimana dapat disimpulkan pada rpm 2200 merupakan nilai BMEP puncak pada *engine* tersebut. Dengan menggunakan bahan bakar HSD Wlingi didapatkan BMEP maksimum sebesar 3382479,3311 N/m<sup>2</sup>, Dexlite menghasilkan BMEP maksimum sebesar 375846,7 N/m<sup>2</sup>, BP4 menghasilkan BMEP maksimum sebesar 362581,5 N/m<sup>2</sup>, BE2 menghasilkan BMEP maksimum sebesar 358159,8 N/m<sup>2</sup>. Dari percobaan menggunakan empat jenis bahan bakar tersebut, didapatkan BMEP terbesar dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar HSD Wlingi dengan selisih 29846,65 N/m<sup>2</sup> terhadap bahan bakar Dexlite. Pada grafik 4.12 juga dapat dilihat dengan menggunakan bahan bakar BP4 maupun BE2 BMEP yang dihasilkan lebih kecil 13265,18 N/m<sup>2</sup> dan 17686,9 N/m<sup>2</sup> dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar Dexlite. Sedangkan nilai BMEP terendah didapatkan dengan menggunakan bahan bakar BE2 dengan BMEP sebesar 320206,6 N/m<sup>2</sup>.

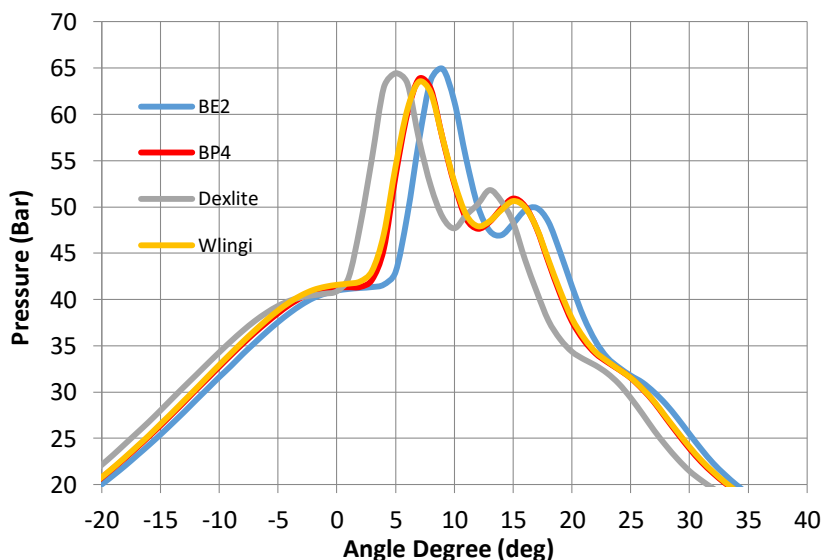
#### 4.4 Proses Pembakaran Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2

Pada proses pengambilan data untuk hasil proses pembakaran ini, Titik pengambilan ditentukan berdasarkan aturan IMO MARPOL Annex VI tentang *test cycle* untuk pengujian emisi *NOx*. Test cycle yang diatur oleh MARPOL Annex VI ini menyatakan bahwa pengujian dilakukan pada pembebanan sebesar 25%, 50%, 75% dan 100% pada titik 100% RPM motor diesel. Pengambilan data hasil proses pembakaran bedasar test cyle emisi *NOx* adalah untuk menganalisa seberapa besar pengaruh perubahan proses pembakaran terhadap penurunan kandungan *NOx*. Penentuan titik pengambilan data ini didapatkan dari proses perhitungan peforma yang di analisa dari bab 4.3. Hasil pembebanan pada 25%, 50%, 75% dan 100% didapat dari pembebanan motor diesel dengan bahan bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2.

Dari hasil proses pembakaran, nantinya akan dapat dianalisa tentang grafik combustion pressure, rate of heat release dan ignition delay. Hasil proses pembakaran didapat melalui kegiatan eksperimen. Hasil proses pembakaran adalah sebagai berikut

##### 4.4.1 Analisa *Max. Pressure* Terhadap Jenis Bahan bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2200 Dengan Load 25%.

Analisa yang dilakukan merupakan perbandingan *Max. Pressure* antara bahan bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 pada putaran maksimum dengan beban 25%.



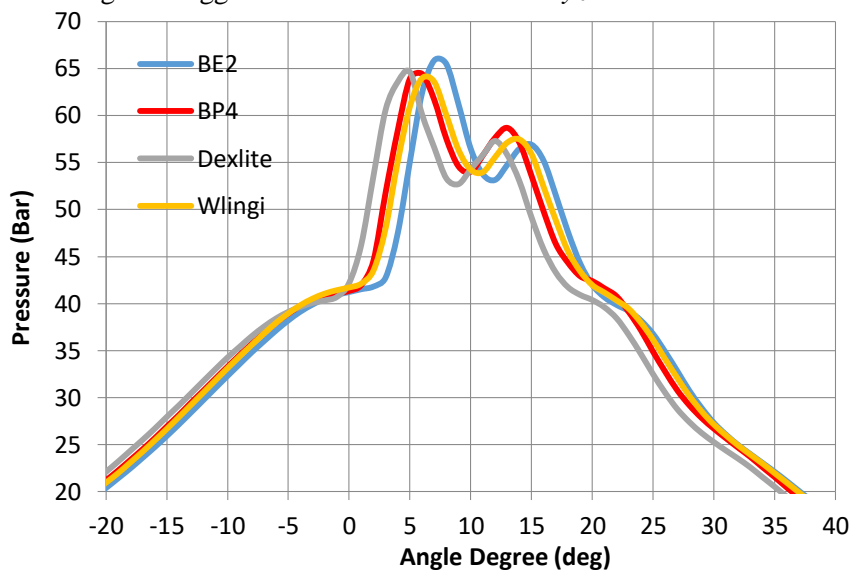
**Grafik 4.13. Grafik *Combustion Pressure* Pada 100% RPM dan 25% Load**

Grafik diatas menunjukkan bahwa grafik *Max. Pressure* dari bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2. Mengamati grafik tersebut didapatkan nilai *pressure*

masing masing bahan bakar, untuk Dexlite didapatkan sebesar 64.447 pada posisi  $5^0$  setelah TMA, kemudian untuk HSD Wlingi sebesar 63.532 pada posisi  $7^0$  setelah TMA, BP4 memiliki nilai tekanan terbesar 63.853 pada posisi  $7^0$  setelah TMA, dan untuk BE2 sebesar 64.92 pada posisi  $9^0$  setelah TMA. Nilai tekanan maksimal dan posisi puncak tekanan tersebut dipengaruhi juga oleh lamanya bahan bakar terbakar (ignition delay) semakin besar nilai dari ignition delay maka pembakaran yang terjadi akan semakin menjauhi dari TMA.

#### 4.4.2 Analisa *Max. Pressure* Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2200 Dengan Load 50%.

Analisa yang dilakukan merupakan perbandingan *Max. Pressure* antara bahan bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 pada putaran maksimum dengan beban 50%. Analisa ini dilakukan untuk mendapatkan tekanan paling tinggi yang ada di ruang bakar dengan menggunakan alat *combustion analyzer*.



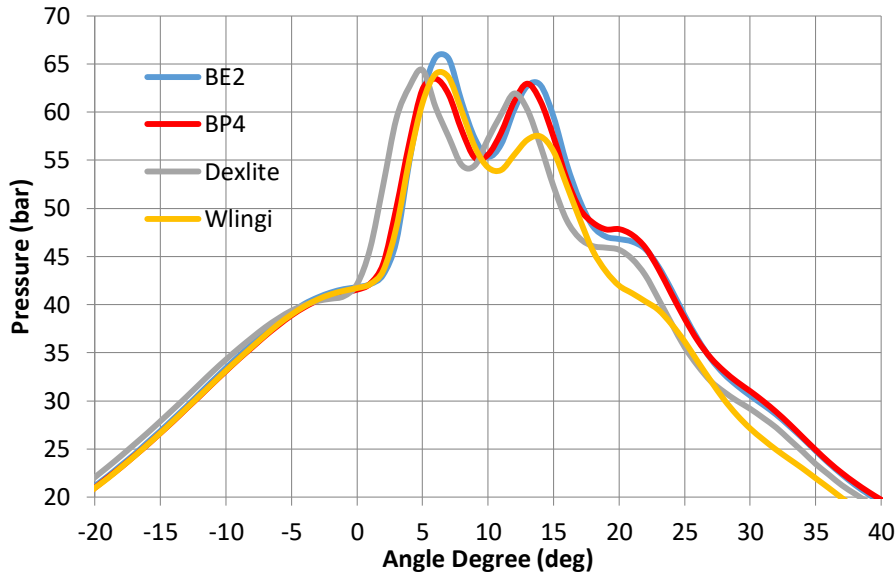
**Grafik 4.14. Grafik *Combustion Pressure* Pada 100% RPM dan 50% Load**

Grafik diatas menunjukkan bahwa grafik *Max. Pressure* dari bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2. Mengamati grafik tersebut didapatkan nilai *pressure* masing masing bahan bakar, untuk Dexlite didapatkan sebesar 64.616 pada posisi  $5^0$  setelah TMA, kemudian untuk HSD Wlingi sebesar 63.964 pada posisi  $6^0$  setelah TMA, BP4 memiliki nilai tekanan terbesar 64.423 pada posisi  $6^0$  setelah TMA, dan untuk BE2 sebesar 65.857 pada posisi  $7^0$  setelah TMA. Nilai tekanan maksimal dan posisi puncak tekanan tersebut dipengaruhi juga oleh lamanya bahan bakar terbakar (ignition delay) semakin besar nilai dari ignition delay maka pembakaran yang terjadi akan semakin menjauhi dari TMA.



#### 4.4.3 Analisa *Max. Pressure* Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2200 Dengan Load 75%.

Analisa yang dilakukan merupakan perbandingan *Max. Pressure* antara bahan bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 pada putaran maksimum dengan beban 75%. Analisa ini dilakukan untuk mendapatkan tekanan paling tinggi yang ada di ruang bakar dengan menggunakan alat *combustion analyzer*.

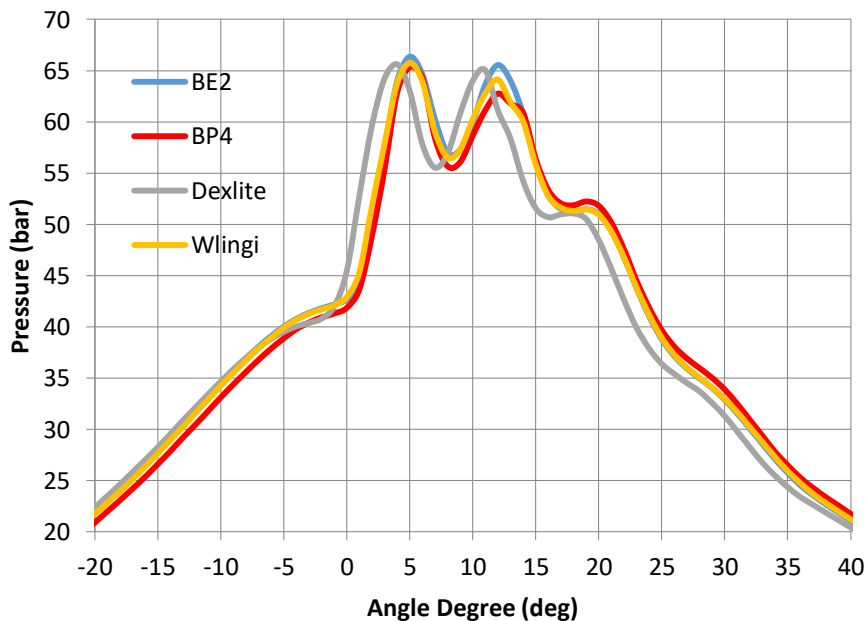


**Grafik 4.15. Grafik *Combustion Pressure* Pada 100% RPM dan 75% Load**

Grafik diatas menunjukkan bahwa grafik *Max. Pressure* dari bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2. Mengamati grafik tersebut didapatkan nilai *pressure* masing masing bahan bakar, untuk Dexlite didapatkan sebesar 64.369 pada posisi 5<sup>0</sup> setelah TMA, kemudian untuk HSD Wlingi sebesar 63.964 pada posisi 6<sup>0</sup> setelah TMA, BP4 memiliki nilai tekanan terbesar 63.457 pada posisi 6<sup>0</sup> setelah TMA, dan untuk BE2 sebesar 65.68 pada posisi 6<sup>0</sup> setelah TMA. Nilai tekanan maksimal dan posisi puncak tekanan tersebut dipengaruhi juga oleh lamanya bahan bakar terbakar (*ignition delay*) semakin besar nilai dari *ignition delay* maka pembakaran yang terjadi akan semakin menjauhi dari TMA.

#### 4.4.4 Analisa *Max. Pressure* Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2200 Dengan Load 100%.

Analisa yang dilakukan merupakan perbandingan *Max. Pressure* antara bahan bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 pada putaran maksimum dengan beban 100%. Analisa ini dilakukan untuk mendapatkan tekanan paling tinggi yang ada di ruang bakar dengan menggunakan alat *combustion analyzer*.



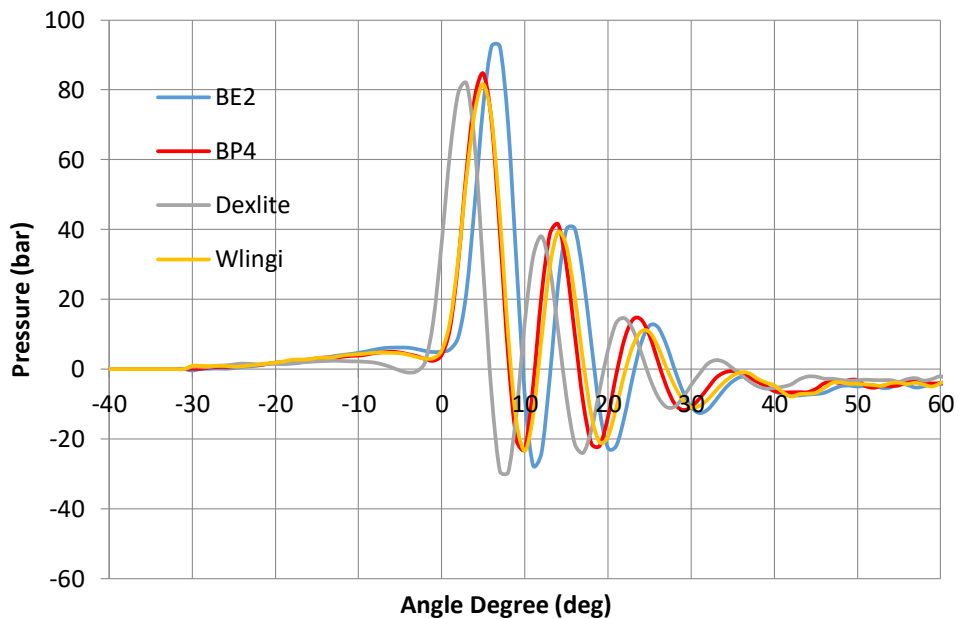
**Grafik 4.16. Grafik *Combustion Pressure* Pada 100% RPM dan 100% Load**

Grafik diatas menunjukkan bahwa grafik *Max. Pressure* dari bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2. Mengamati grafik tersebut didapatkan nilai *pressure* masing masing bahan bakar, untuk Dexlite didapatkan sebesar 65.624 pada posisi 4<sup>o</sup> setelah TMA, kemudian untuk HSD Wlingi sebesar 65.760 pada posisi 5<sup>o</sup> setelah TMA, BP4 memiliki nilai tekanan terbesar 65.383 pada posisi 5<sup>o</sup> setelah TMA, dan untuk BE2 sebesar 66.354 pada posisi 5<sup>o</sup> setelah TMA. Nilai tekanan maksimal dan posisi puncak tekanan tersebut dipengaruhi juga oleh lamanya bahan bakar terbakar (*ignition delay*) semakin besar nilai dari *ignition delay* maka pembakaran yang terjadi akan semakin menjauhi dari TMA.

Bisa ditarik kesimpulan berdasarkan grafik *combustion pressure* diatas, maka penambahan beban dapat mengakibatkan Titik puncak tekanan bergerak kearah kiri. Penggunaan BE 2 pada Semua beban memiliki *pressure* yang lebih tinggi dari bahan bakar dexlite, untuk BP4 terjadi peak *preassure* yang lebih rendah dari dexlite namun untuk penggunaan BP4 pada beban 25% load peak *pressure* lebih tinggi daripada Dexlite.

#### 4.4.5 Analisa *Rate of Heat Release* Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2200 Dengan Load 25%.

Untuk mengetahui hasil proses pembakaran, selanjutnya juga dianalisa *rate of heat release* (ROHR). ROHR merupakan rata-rata pelepasan panas dari bahan bakar dan udara selama proses pembakaran. Dalam *rate of heat release* (ROHR), dapat diketahui dianalisa dampak penggunaan Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 terhadap ROHR pada putaran 2200 RPM dengan beban 25%..



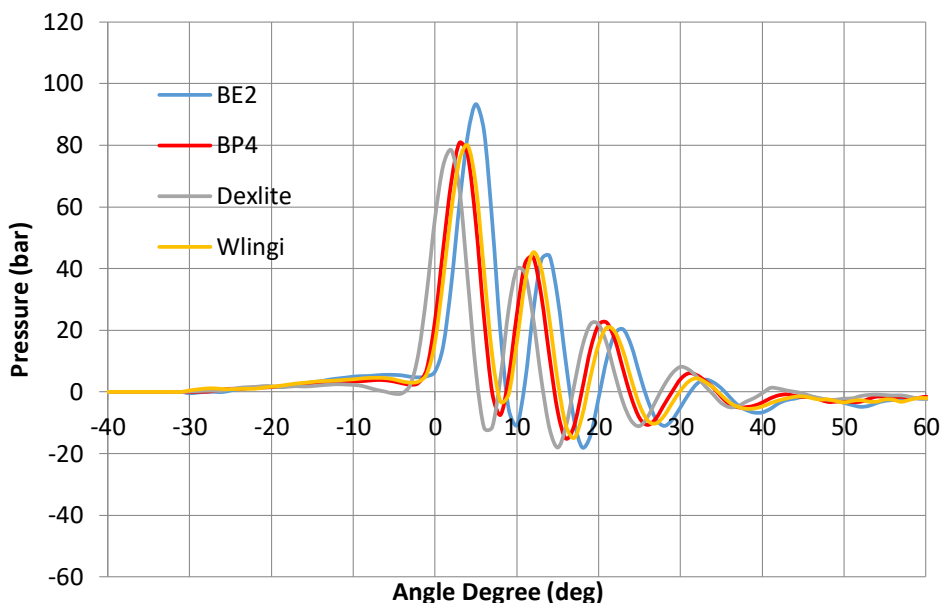
**Grafik 4.17. Grafik *Rate Of Heat Release* (ROHR) Pada 100% RPM dan 25% Load**

Grafik 4.17 adalah grafik perbandingan *rate of heat release* (ROHR) pada 2200 RPM dengan pembebanan 25% load. Pada grafik *rate of heat release* dapat diperoleh informasi tentang perbandingan perubahan proses pelepasan panas atau heat release serta lama waktu tunda pembakaran atau ignition delay saat penggunaan Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2. Dari karakteristik Mesin Yanmar bertipe TF-85 MH bahwa waktu pengijeksian yaitu pada posisi  $18^{\circ}$  sebelum TMA. Dapat diamati dari grafik bahwa bahan bakar Dexlite memiliki titik awal heat release antara bahan bakar dan udara terjadi pada posisi  $3^{\circ}$ CA sebelum TMA. Sedangkan bahan bakar HSD Wlingi memiliki titik awal dan udara terjadi pada posisi  $2^{\circ}$ CA sebelum TMA. Untuk BP4 memiliki titik awal heat release pada posisi  $1^{\circ}$ CA sebelum TMA. Dan untuk BE2 memiliki titik awal heat releasr pada posisi  $1^{\circ}$ CA sebelum TMA. Untuk nilai tertinggi dari *heat release* dengan nilai  $92,51 \text{ kJ/m}^3/\text{deg}$  pada posisi  $6^{\circ}$ CA setelah TMA adalah bahan bakar BE2, kemudian bahan bakar HSD Wlingi dengan nilai  $81,63 \text{ kJ/m}^3/\text{deg}$  pada posisi  $5^{\circ}$ CA setelah TMA. Untuk bahan bakar BP4 nilai

tertingginya mencapai  $84,67 \text{ kJ/m}^3/\text{deg}$  pada posisi  $5^\circ \text{CA}$  setelah TMA dan Dexlite mencapai  $81,77 \text{ kJ/m}^3/\text{deg}$  pada posisi  $3^\circ \text{CA}$  setelah TMA

#### 4.4.6 Analisa Rate of Heat Release Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2200 Dengan Load 50%.

Untuk mengetahui hasil proses pembakaran, selanjutnya juga dianalisa rate of heat release (ROHR). ROHR merupakan rata-rata pelepasan panas dari bahan bakar dan udara selama proses pembakaran. Dalam rate of heat release (ROHR), dapat diketahui dianalisa dampak penggunaan Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 terhadap ROHR pada putaran 2200 RPM dengan beban 50%.



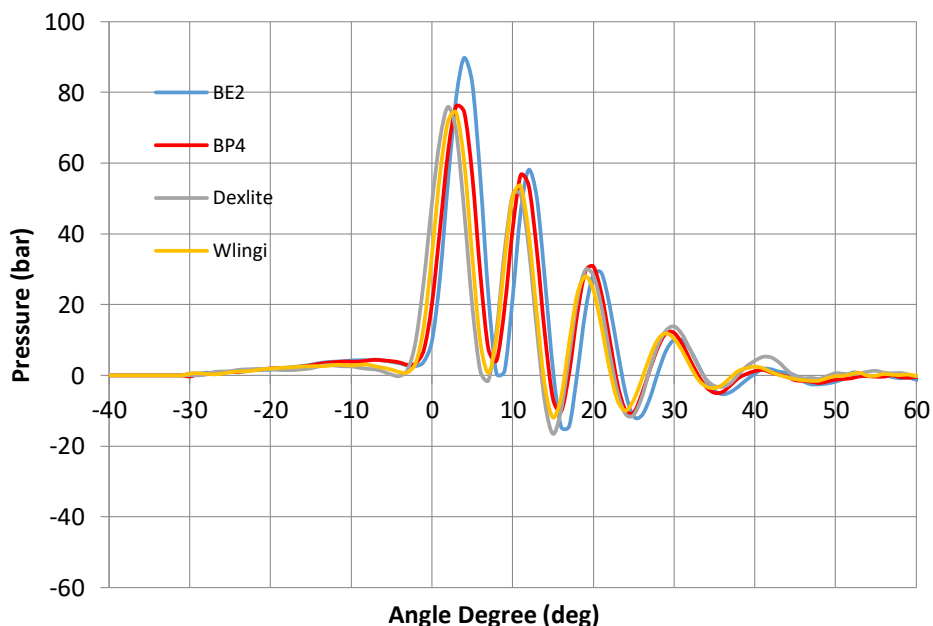
**Grafik 4.18. Grafik Rate Of Heat Release (ROHR) pada 100% RPM dan 50% Load**

Grafik 4.18 adalah grafik perbandingan *rate of heat release* (ROHR) pada 2200 RPM dengan pembebanan 25% *load*. Pada grafik rate of heat release dapat diperoleh informasi tentang perbandingan perubahan proses pelepasan panas atau heat release serta lama waktu tunda pembakaran atau ignition delay saat penggunaan Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2. Dari karakteristik Mesin Yanmar bertipe TF-85 MH bahwa waktu penginjeksian yaitu pada posisi  $18^\circ$  sebelum TMA. Dapat diamati dari grafik bahwa bahan bakar Dexlite memiliki titik awal heat release antara bahan bakar dan udara terjadi pada posisi  $4^\circ \text{CA}$  sebelum TMA. Sedangkan bahan bakar HSD Wlingi memiliki titik awal dan udara terjadi pada posisi  $3^\circ \text{CA}$  sebelum TMA. Untuk BP4 memiliki titik awal heat release pada posisi  $3^\circ \text{CA}$  sebelum TMA. Dan untuk BE2 memiliki titik awal heat releasr pada posisi  $2^\circ \text{CA}$  sebelum TMA. Untuk nilai tertinggi dari *heat release* dengan nilai  $93,31 \text{ kJ/m}^3/\text{deg}$  pada posisi  $5^\circ \text{CA}$  setelah TMA adalah bahan bakar BE2, kemudian bahan bakar HSD Wlingi dengan

nilai 79.91 kJ/m<sup>3</sup>/deg pada posisi 4 °CA setelah TMA. Untuk bahan bakar BP4 nilai tertinggi mencapai 80,83 kJ/m<sup>3</sup>/deg pada posisi 3 °CA setelah TMA dan Dexlite mencapai 78,37 kJ/m<sup>3</sup>/deg pada posisi 2 °CA setelah TMA

#### 4.4.7 Analisa *Rate of Heat Release Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2200 Dengan Load 75%.*

Untuk mengetahui hasil proses pembakaran, selanjutnya juga dianalisa rate of heat release (ROHR). ROHR merupakan rata-rata pelepasan panas dari bahan bakar dan udara selama proses pembakaran. Dalam rate of heat release (ROHR), dapat diketahui dianalisa dampak penggunaan Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 terhadap ROHR pada putaran 2200 RPM dengan beban 75%.



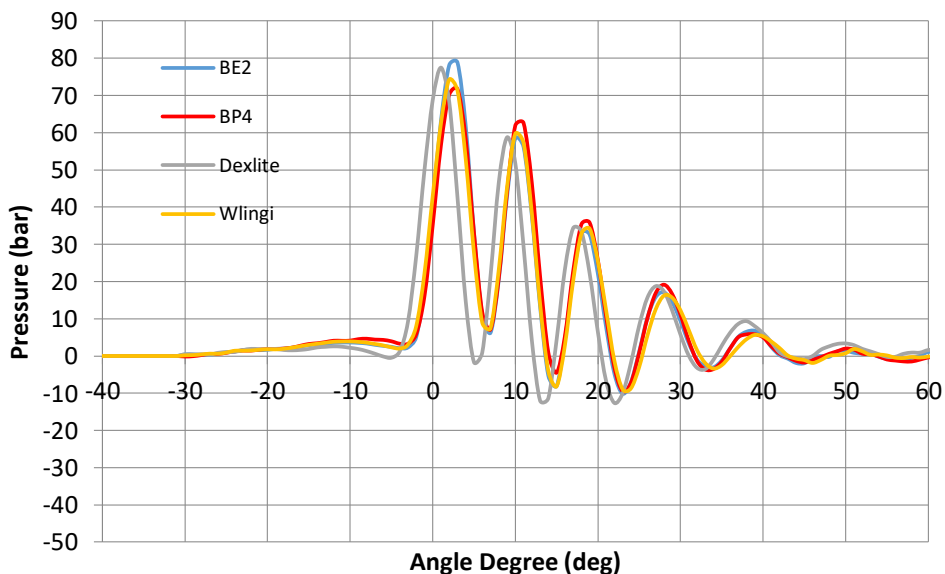
**Grafik 4.19. Grafik *Rate Of Heat Release (ROHR)* pada 100% RPM dan 75% Load**

Grafik 4.19 adalah grafik perbandingan *rate of heat release* (ROHR) pada 2200 RPM dengan pembebanan 75% load. Pada grafik rate of heat release dapat diperoleh informasi tentang perbandingan perubahan proses pelepasan panas atau heat release serta lama waktu tunda pembakaran atau ignition delay saat penggunaan Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2. Dari karakteristik Mesin Yanmar bertipe TF-85 MH bahwa waktu penginjeksian yaitu pada posisi 18° sebelum TMA. Dapat diamati dari grafik bahwa bahan bakar Dexlite memiliki titik awal heat release antara bahan bakar dan udara terjadi pada posisi 4 °CA sebelum TMA. Sedangkan bahan bakar HSD Wlingi memiliki titik awal dan udara terjadi pada posisi 3 °CA sebelum TMA. Untuk BP4 memiliki titik awal heat release pada posisi 3 °CA sebelum TMA. Dan untuk BE2 memiliki titik awal heat releasr pada posisi 2 °CA sebelum TMA. Untuk nilai tertinggi dari *heat release* dengan nilai 89,75 kJ/m<sup>3</sup>/deg pada posisi 4 °CA

setelah TMA adalah bahan bakar BE2, kemudian bahan bakar HSD Wlingi dengan nilai  $74,28 \text{ kJ/m}^3/\text{deg}$  pada posisi  $3^\circ\text{CA}$  setelah TMA. Untuk bahan bakar BP4 nilai tertinggi mencapai  $76,07 \text{ kJ/m}^3/\text{deg}$  pada posisi  $3^\circ\text{CA}$  setelah TMA dan Dexlite mencapai  $75,91 \text{ kJ/m}^3/\text{deg}$  pada posisi  $2^\circ\text{CA}$  setelah TMA

#### 4.4.8 Analisa *Heat Release* Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2200 Dengan Load 100%.

Untuk mengetahui hasil proses pembakaran, selanjutnya juga dianalisa rate of heat release (ROHR). ROHR merupakan rata-rata pelepasan panas dari bahan bakar dan udara selama proses pembakaran. Dalam rate of heat release (ROHR), dapat diketahui dianalisa dampak penggunaan Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 terhadap ROHR pada putaran 2200 RPM dengan beban 100%.

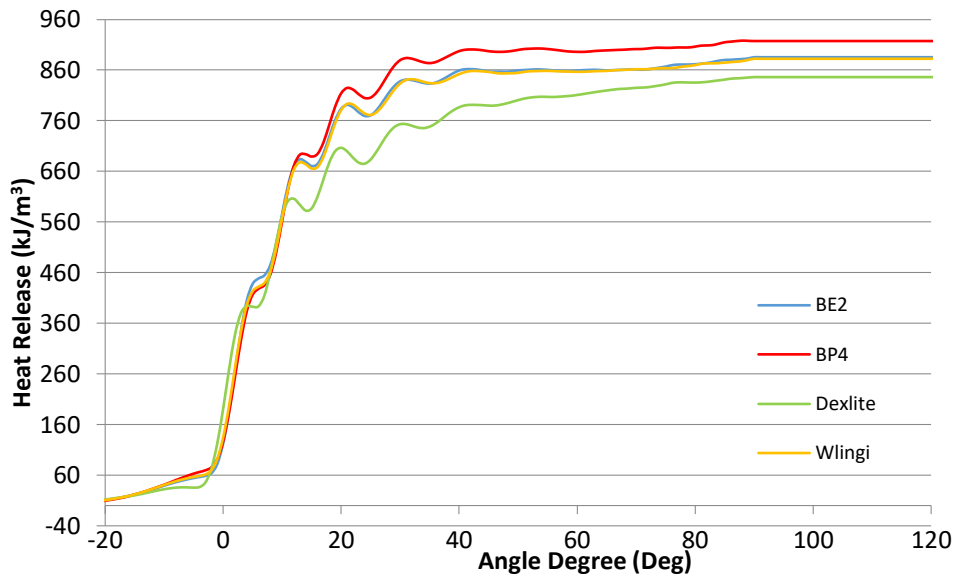


**Grafik 4.20. Grafik Rate Of Heat Release (ROHR) pada 100% RPM dan 100% Load**

Grafik 4.20 adalah grafik perbandingan rate of heat release (ROHR) pada 2200 RPM dengan pembebanan 100% *load*. Pada grafik rate of heat release dapat diperoleh informasi tentang perbandingan perubahan proses pelepasan panas atau heat release serta lama waktu tunda pembakaran atau ignition delay saat penggunaan Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2. Dari karakteristik Mesin Yanmar bertipe TF-85 MH bahwa waktu pengijeksian yaitu pada posisi  $18^\circ$  sebelum TMA. Dapat diamati dari grafik bahwa bahan bakar Dexlite memiliki titik awal heat release antara bahan bakar dan udara terjadi pada posisi  $5^\circ\text{CA}$  sebelum TMA. Sedangkan bahan bakar HSD Wlingi memiliki titik awal dan udara terjadi pada posisi  $4^\circ\text{CA}$  sebelum TMA. Untuk BP4 memiliki titik awal heat release pada posisi  $3^\circ\text{CA}$  sebelum TMA. Dan untuk BE2 memiliki titik awal heat releasr pada posisi  $3^\circ\text{CA}$  sebelum TMA. Untuk nilai tertinggi dari *heat release* dengan nilai  $78,82 \text{ kJ/m}^3/\text{deg}$  pada posisi  $3^\circ\text{CA}$

setelah TMA adalah bahan bakar BE2, kemudian bahan bakar HSD Wlingi dengan nilai  $74,28 \text{ kJ/m}^3/\text{deg}$  pada posisi  $2^\circ\text{CA}$  setelah TMA. Untuk bahan bakar BP4 nilai tertinggi mencapai  $71,07 \text{ kJ/m}^3/\text{deg}$  pada posisi  $3^\circ\text{CA}$  setelah TMA dan Dexlite mencapai  $77,47 \text{ kJ/m}^3/\text{deg}$  pada posisi  $1^\circ\text{CA}$  setelah TMA

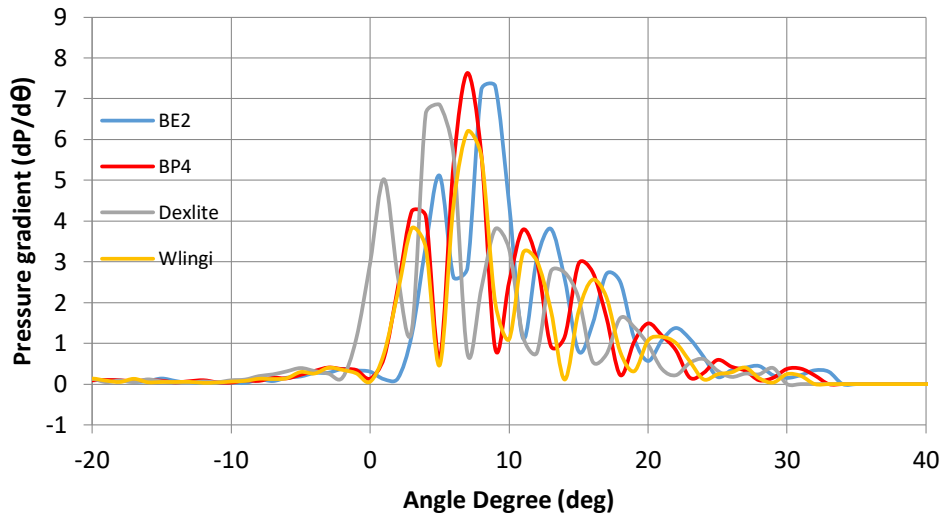
#### 4.4.9 Analisa Heat Realease Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2200 Dengan Load 100%



**Grafik 4. 21 Grafik *Heat Release* pada 100% RPM dan 100% Load**

Pada Gambar 4.21 grafik *heat release* dapat dilakukan analisa dengan membandingkan titik puncak tertinggi energi panas yang dicapai oleh tiap bahan bakar beserta penurunan jumlah energi panas nya. Pada grafik dapat dilihat bahwa nilai heat release untuk bahan bakar BP4 pada 100% RPM dan full load adalah  $911,06 \text{ kJ/m}^3$  pada titik  $90^\circ\text{CA}$  ATDC, sedangkan untuk BE2 nilai dari heat release pada RPM 2200 dan full load adalah  $883,85 \text{ kJ/m}^3$  pada titik  $90^\circ\text{CA}$  ATDC, pada bahan bakar HSD Wlingi putaran mesin 2200 RPM dan full load adalah  $882,11 \text{ kJ/m}^3$  pada titik  $90^\circ\text{CA}$  ATDC, untuk bahan bakar Dexlite pada RPM 2200 dan full load adalah  $858,27 \text{ kJ/m}^3$  pada titik  $90^\circ\text{CA}$  ATDC.

#### 4.4.10 Analisa *Knock Detection* Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2200 Dengan Load 25%.

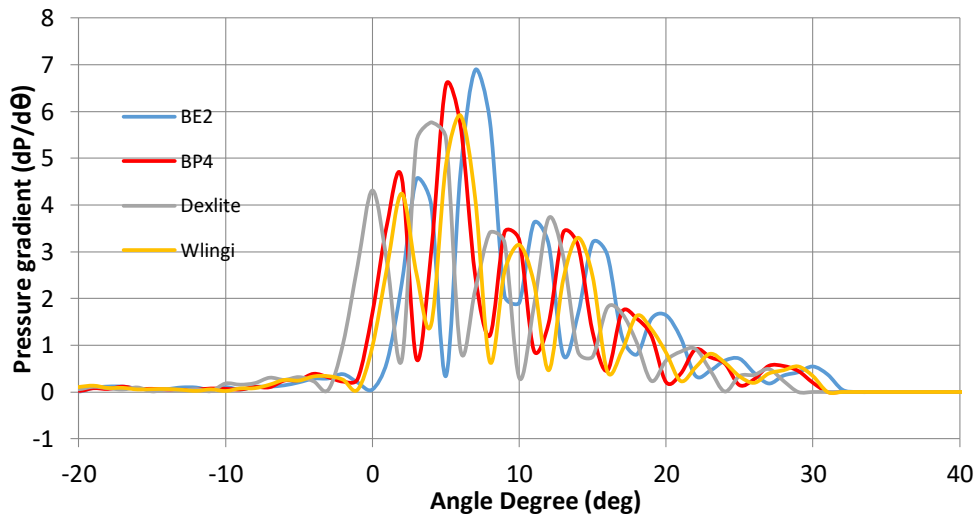


**Grafik 4.22. Grafik Knock Detection pada 100% RPM dan 25% load**

Grafik diatas menunjukkan bahwa grafik *Knock Detection* dari Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2. Pada grafik menyajikan perubahan tekanan pada tiap angle (derajat) yang nantinya dianalisa sebagai knock detection. Grafik tersebut memiliki nilai *knocking* tertinggi di RPM 2200 pada *load* 25% adalah BP4 dengan nilai 7,63 bar pada posisi 7<sup>0</sup> setelah TMA, kemudian disusul oleh BE2 dengan nilai 7,31 bar pada 9<sup>0</sup> setelah TMA. Untuk bahan bakar Dexlite memiliki nilai knocking tertinggi sebesar 6,85 pada 5<sup>0</sup> setelah TMA. Sedangkan untuk bahan bakar wlingi pada grafik menunjukkan nilai tertinggi sebesar 6,19 pada 7<sup>0</sup> setelah TMA.



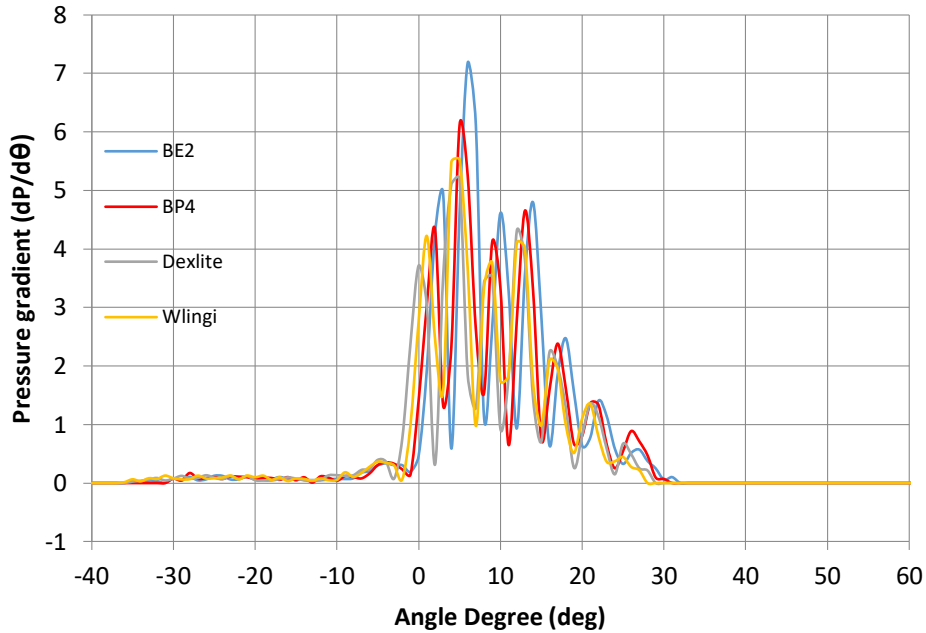
#### 4.4.11 Analisa *Knock Detection* Terhadap Jenis Bahan Bakar Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2200 Dengan Load 50%.



**Grafik 4.23. Grafik *Knock Detection* Pada 100% RPM dan 50% Load**

Grafik diatas menunjukkan bahwa grafik *Knock Detection* dari Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2. Pada grafik menyajikan perubahan tekanan pada tiap angle (derajat) yang nantinya dianalisa sebagai knock detection. Grafik tersebut memiliki nilai *knocking* tertinggi di RPM 2200 pada *load* 50% adalah BE2 dengan nilai 6,88 bar pada posisi 7<sup>0</sup> setelah TMA, kemudian disusul oleh BP4 dengan nilai 6,55 bar pada 5<sup>0</sup> setelah TMA. Untuk bahan bakar Dexlite memiliki nilai knocking tertinggi sebesar 5,76 pada 4<sup>0</sup> setelah TMA. Sedangkan untuk bahan bakar wlingi pada grafik menunjukkan nilai tertinggi sebesar 5,91 pada 6<sup>0</sup> setelah TMA.

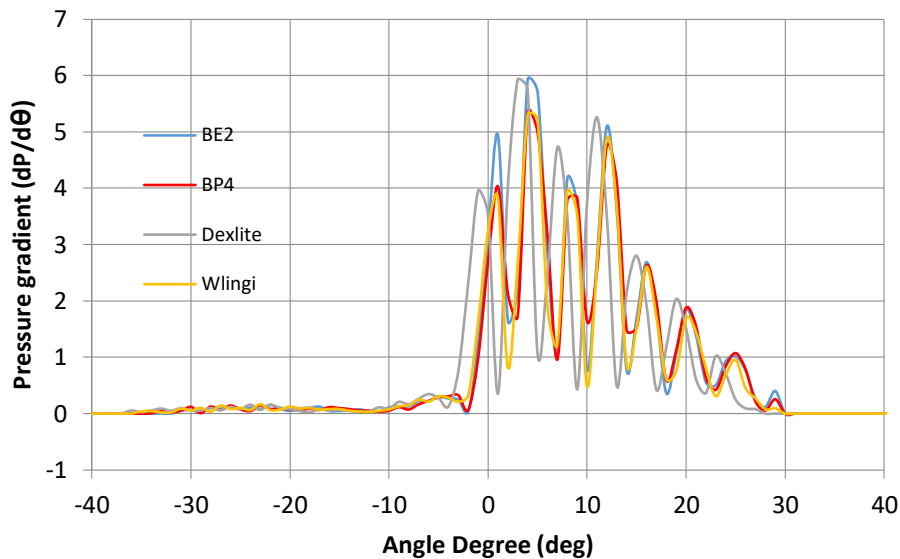
#### 4.4.12 Analisa *Knock Detection* Terhadap Jenis Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2200 Dengan Load 75%.



**Grafik 4.24. Grafik *Knock Detection* Pada 100% RPM dan 75% Load**

Grafik diatas menunjukkan bahwa grafik *Knock Detection* dari Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2. Pada grafik menyajikan perubahan tekanan pada tiap angle (derajat) yang nantinya dianalisa sebagai knock detection. Grafik tersebut memiliki nilai *knocking* tertinggi di RPM 2200 pada *load* 75% adalah BE2 dengan nilai 7,18 bar pada posisi 6<sup>0</sup> setelah TMA, kemudian disusul oleh BP4 dengan nilai 6,1 bar pada 5<sup>0</sup> setelah TMA. Untuk bahan bakar wlingi memiliki nilai knocking tertinggi sebesar 5,53 pada 5<sup>0</sup> setelah TMA. Sedangkan untuk bahan bakar Dexlite pada grafik menunjukkan nilai tertinggi sebesar 5,21 pada 5<sup>0</sup> setelah TMA.

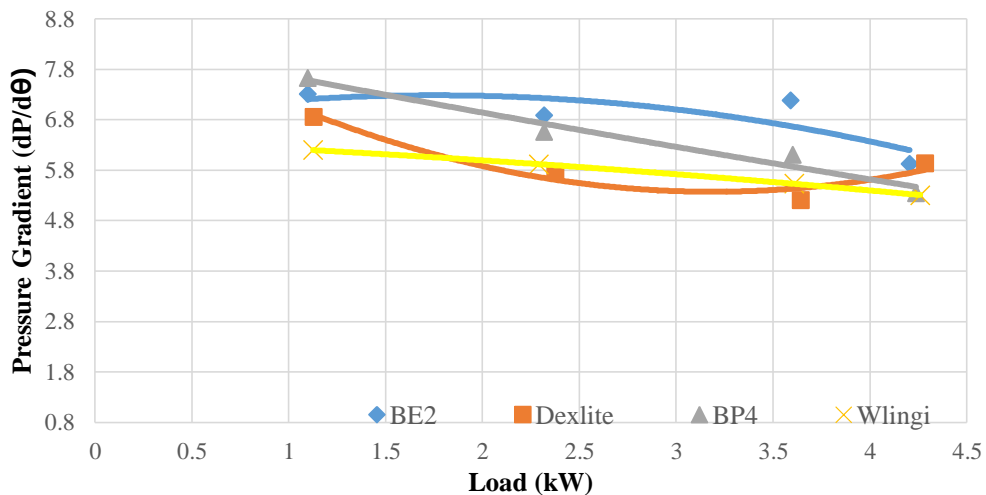
#### 4.4.13 Analisa *Knock Detection* Terhadap Jenis Bahan Bakar Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2200 Dengan Load 100%.



**Grafik 4.25. Grafik *Knock Detection* Pada 100% RPM dan 100% Load**

Grafik diatas menunjukkan bahwa grafik *Knock Detection* dari Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2. Pada grafik menyajikan perubahan tekanan pada tiap angle (derajat) yang nantinya dianalisa sebagai knock detection. Grafik tersebut memiliki nilai *knocking* tertinggi di RPM 2200 pada *load 100%* adalah BE2 dengan nilai 5,92 bar pada posisi 4<sup>0</sup> setelah TMA, kemudian disusul oleh Dexlite dengan nilai 5,91 bar pada 3<sup>0</sup> setelah TMA. Untuk bahan bakar BP4 memiliki nilai knocking tertinggi sebesar 5,34 pada 4<sup>0</sup> setelah TMA. Sedangkan untuk bahan bakar wlingi pada grafik menunjukan nilai tertinggi sebesar 5,3 pada 4<sup>0</sup> setelah TMA.

#### 4.4.14 Analisa *Peak Knock Detection* Tertinggi Pada RPM 2200 dengan Variasi beban.

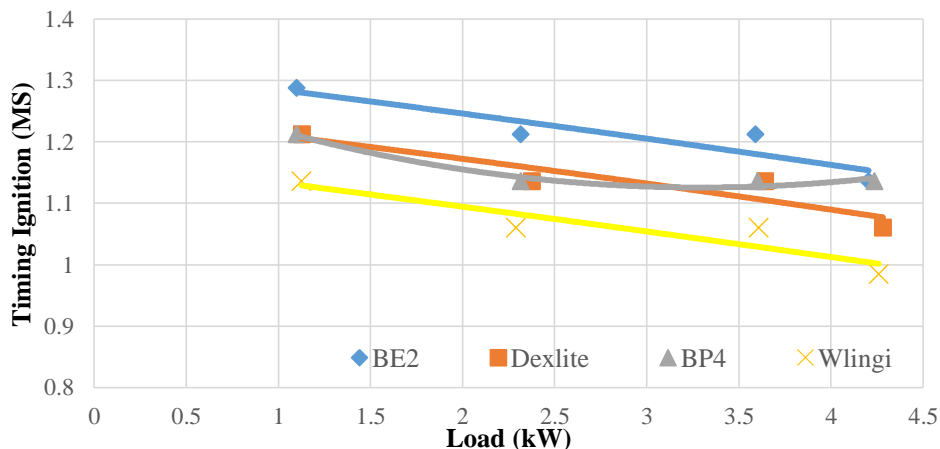


**Grafik 4. 26 Grafik *Peak Knock Detection* Pada 2200 RPM**

Dapat dilihat pada Gambar 4.25 grafik *peak of knocking* saat putaran mesin 2200 RPM dengan variasi beban dari bahan bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2. Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa bahan bakar BP4 memiliki nilai tertinggi sebesar 7,631 bar dengan *power* 1,09 kW, untuk bahan bakar HSD Wlingi memiliki nilai tertinggi sebesar 6,196 bar dengan *power* 1,12 kW, serta untuk bahan bakar BE2 dan dexlite memiliki nilai tertinggi sebesar 7,311 bar dengan *power* 1,09 kW dan 6,852 bar dengan *power* 1,130 kW.

#### 4.4.15 Analisa *Ignition Delay* Terhadap Jenis Bahan Bakar Bahan Bakar Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 Pada RPM 2200.

Analisa yang dilakukan merupakan perbandingan *knock detection* antara bahan bakar *High Speed Diesel* dengan B20 Nyamplung pada putaran 2200 RPM dengan beban 0%. Analisa ini dilakukan untuk mendapatkan nilai *ignition delay* yang terjadi ketika proses pembakaran di ruang bakar dengan menggunakan alat *combustion analyzer*.



**Grafik 4.27. Analisa Ignition Delay Pada RPM 2200**

Grafik diatas merupakan menunjukan *Ignition Delay* pada RPM 2200. Dalam pembebanan 25% hingga 100%. *ignition delay* yang terjadi pada 25% pembebanan dari bahan bakar HSD Wlingi, Dexlite, BP4, Dan BE2 memiliki waktu keterlambatan pembakaran masing - masing bahan bakar secara berurutan yaitu 1,136 ms, 1,212 ms, 1,212 ms, 1,363 ms. *ignition delay* yang terjadi pada 50% pembebanan dari bahan bakar HSD Wlingi, Dexlite, BP4, Dan BE2 memiliki waktu keterlambatan pembakaran masing - masing bahan bakar secara berurutan yaitu 1,06 ms, 1,136 ms, 1,136 ms, 1,212 ms. *ignition delay* yang terjadi pada 75% pembebanan dari bahan bakar HSD Wlingi, Dexlite, BP4, Dan BE2 memiliki waktu keterlambatan pembakaran masing - masing bahan bakar secara berurutan yaitu 1,06 ms, 1,136 ms, 1,136 ms, 1,21 ms. *ignition delay* yang terjadi pada 100% pembebanan dari bahan bakar HSD Wlingi, Dexlite, BP4, Dan BE2 memiliki waktu keterlambatan pembakaran masing - masing bahan bakar secara berurutan yaitu 0,984 ms, 1,06 ms, 1,136 ms, 1,363 ms.

Waktu dari *ignition delay* dipengaruhi oleh nilai dari cetane number yang dimiliki oleh bahan bakar. Semakin tinggi nilai dari *cetane number* yang dimiliki oleh suatu bahan bakar maka kemampuan bahan bakar untuk dapat bereaksi akan lebih cepat sehingga mengakibatkan waktu bahan bakar terbakar akan lebih cepat. Hal ini akan membuat waktu *ignition delay* menjadi semakin kecil. Maka dari itu, berdasarkan data sub-bab 4.1 properties bahan bakar nilai *cetane number* bahan bakar HSD Wlingi, lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar Dexlite. Dan dapat diasumsikan bahwasanya BE2 memiliki nilai angka cetan paling kecil dari ke – 4 bahan bakar diatas

#### 4.5 Analisa Emisi

Pengujian Emisi NO<sub>x</sub> dan CO dilakukan dengan menggunakan *gas analyzer* untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Pada penelitian ini menggunakan dua jenis bahan bakar yaitu dengan bahan bakar HSD Wlingi, Dexlite, BP4, Dan BE2. Dimana perlakuan pada penelitian ini dengan RPM 100% dan variasi pembebanan 25%, 50%, 75% dan 100%.

**Tabel 4. 2. Hasil Pengujian Emisi NO<sub>x</sub> (ppm), CO (%), CO<sub>2</sub> (%)**

Bahan Bakar	Beban (%)	NO <sub>x</sub> (ppm)	CO (%)	CO <sub>2</sub> (%)
Dexlite	25	107	0,028	2,81
	50	285	0,024	3,42
	75	273	0,03	4,44
	100	268	0,168	5,21
HSD Wlingi	25	193	0,042	2,6
	50	231	0,04	3,24
	75	242	0,137	4,05
	100	246	0,508	5,1
BP4	25	215	0,031	2,02
	50	251	0,029	2,61
	75	295	0,079	3,49
	100	269	0,392	3,97
BE2	25	190	0,023	1,94
	50	274	0,028	2,43
	75	291	0,065	3,18
	100	254	0,205	3,77

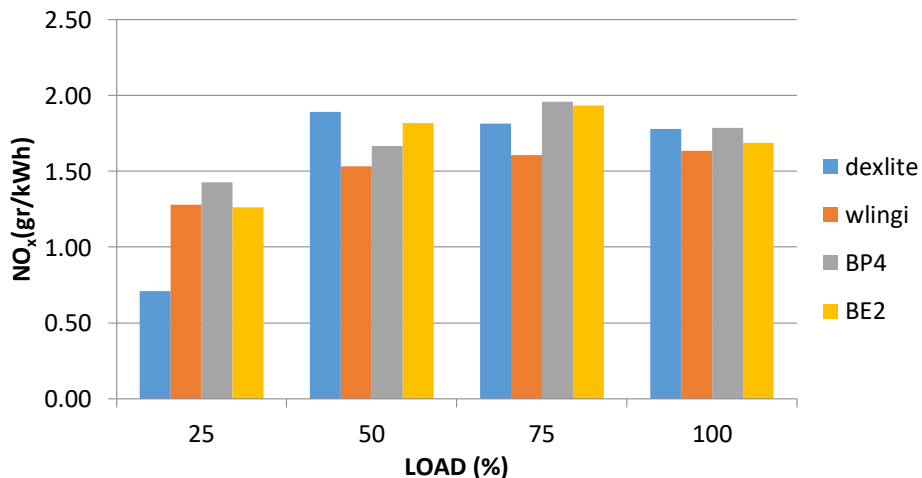
Pada tabel 4.3. menyajikan data hasil keluaran dari *gas analyzer dengan satuan* untuk NO<sub>x</sub> dalam satuan ppm sedangkan untuk CO dalam satuan %. Agar analisa dapat dilakukan lebih mendalam angka tersebut perlu dikonversi sesuai standart pada IMO Marpo Annex VI maupun Euro. Dalam standart tersebut satuan yang digunakan adalah gr/kWh. Setelah dilakukan konversi maka nilai dari emisi yang dikeluarkan oleh mesin menggunakan masing – masing dari ke – 4 bahan bakar adalah sebagai berikut:

**Tabel 4. 3. Hasil Pengujian Emisi NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub> (gr/kWh)**

Bahan Bakar	Beban (%)	NO <sub>x</sub> (gr/kWh)	CO (gr/kWh)	CO <sub>2</sub> (gr/kWh)
Dexlite	25	0,71	1.01	178,35
	50	1,89	0.86	217,07
	75	1,81	1.08	281,81
	100	1,78	6.03	330,68
HSD Wlinggi	25	1,28	1.51	165,02
	50	1,53	1.44	205,64
	75	1,61	4.92	257,05

	100	1,63	18.24	323,7
BP4	25	1,43	1.11	128,21
	50	1,67	1.04	165,66
	75	1,96	2.84	221,51
	100	1,79	14.08	251,98
BE2	25	1,26	0.83	123,13
	50	1,82	1.01	154,23
	75	1,93	2.33	201,83
	100	1,69	7.38	239,28

Berdasarkan dari table 4.4 diatas disajikan grafik 4.26 sebagai perbandingan hasil keluaran  $\text{NO}_x$  dalam gr/kWh dari masing – masing bahan bakar pada setiap beban yang diberikan.



**Grafik 4. 28. Analisa Perbandingan Emisi  $\text{NO}_x$  Dari Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BE2, BP4.**

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan perbandingan hasil nilai kadar emisi  $\text{NO}_x$  antara Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 berdasarkan metode pengujian pada regulasi IMO marpol Annex VI. pada putaran 2200 RPM dan 4 variasi daya dari data tersebut jika dirata – rata nilai emisi  $\text{NO}_x$  tertinggi adalah bahan bakar BP4 dengan rata – rata 1,71 gr/kWh kemudian disusul dengannilai emisi  $\text{NO}_x$  dari BE2 1,67 gr/kWh, untuk nilai emisi  $\text{NO}_x$  bahan bakar dexlite dengan bahan bakar HSD Wlingi secara berturut – turut 1,55 gr/kWh dan 1,51 gr/kWh. Dari data rata – rata tersebut menunjukan nilai emisi  $\text{NO}_x$  rata – rata yang meningkat dengan penambahan limbah plastik polipropilen terlihat dari nilai rata – rata emisi  $\text{NO}_x$  antara dexlite dengan BP4. Kemudian nilai emisi  $\text{NO}_x$  rata – rata dapat turun dengan pengemulsian air dapat dilihat dari nilai rata – rata emisi  $\text{NO}_x$  dengan cara membandingkan antara BP4 dengan BE2. Sedangkan penggunaan plastik murni menjadi bahan bakar justru

memberikan emisi  $\text{NO}_x$  yang lebih kecil dari dextrite dan pada penelitian ini menempati nilai rata – rata emisi  $\text{NO}_x$  terkecil.

Nilai emisi  $\text{NO}_x$  pada daya 25% yang tertinggi adalah bahan bakar BP4 dengan 1,43 gr/kWh kemudian disusul dengan nilai emisi  $\text{NO}_x$  dari bahan bakar HSD Wlingi 1,28 gr/kWh, untuk nilai emisi  $\text{NO}_x$  bahan bakar BE2 dengan bahan bakar dextrite secara berturut – turut 1,26 gr/kWh dan 0,71 gr/kWh. Dari data tersebut menunjukkan nilai emisi  $\text{NO}_x$  yang meningkat dengan penambahan limbah plastik polipropilen, terlihat nilai emisi  $\text{NO}_x$  antara dextrite dengan BP4 yang lebih besar BP4. Kemudian nilai emisi  $\text{NO}_x$  dapat turun dengan pengemulsian air dapat dilihat dari nilai emisi  $\text{NO}_x$  dengan cara membandingkan antara BP4 dengan BE2. Sedangkan penggunaan plastik murni menjadi bahan bakar (HSD Wlingi) memberikan emisi  $\text{NO}_x$  yang lebih tinggi dari dextrite dan pada daya 25% dextrite menempati nilai emisi  $\text{NO}_x$  terkecil. Fenomena ini berbeda dengan analisa nilai rata – rata emisi  $\text{NO}_x$  dikarenakan jika melihat nilai keluaran gas buang  $\text{CO}_2$  pada titik yang sama untuk dextrite menunjukkan angka yang lebih besar, yang dapat diartikan pada titik ini pembakaran yang terjadi pada dextrite di ruang bakar lebih sempurna dari ke 3 bahan bakar lain sehingga mengganggu reaksi terbentuknya  $\text{NO}_x$  saat pembakaran.

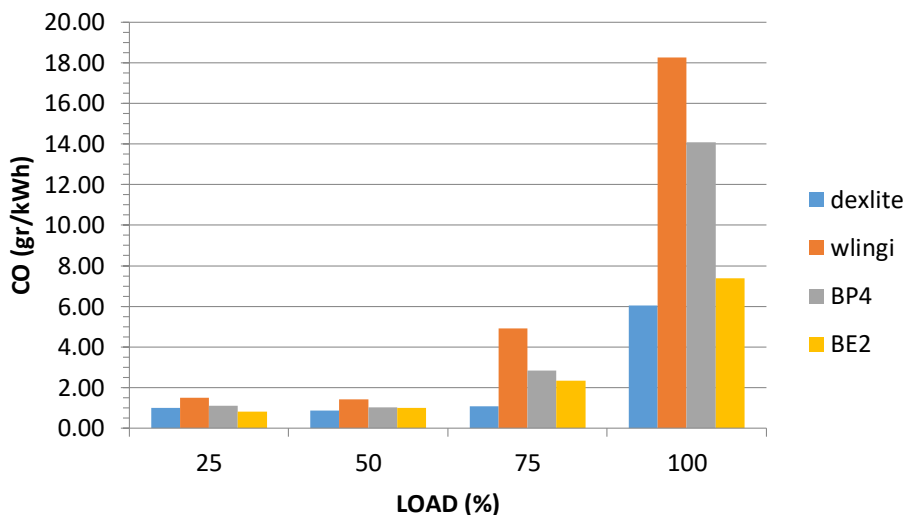
Nilai emisi  $\text{NO}_x$  pada daya 50% yang tertinggi adalah bahan bakar Dextrite dengan 1,89 gr/kWh kemudian disusul dengan nilai emisi  $\text{NO}_x$  dari bahan bakar BE2 1,82 gr/kWh, untuk nilai emisi  $\text{NO}_x$  bahan bakar BP4 dengan bahan bakar HSD Wlingi secara berturut – turut 1,67 gr/kWh dan 1,53 gr/kWh. Dari data tersebut menunjukkan nilai emisi  $\text{NO}_x$  yang menurun dengan penambahan limbah plastik polipropilen, terlihat nilai emisi  $\text{NO}_x$  antara dextrite dengan BP4 yang lebih besar Dextrite. Kemudian pada titik ini nilai emisi  $\text{NO}_x$  justru meningkat dengan pengemulsian air dapat dilihat dari nilai emisi  $\text{NO}_x$  dengan cara membandingkan antara BP4 dengan BE2. Fenomena ini berbeda dengan analisa pada titik 25% daya maupun nilai rata – rata emisi  $\text{NO}_x$  dikarenakan jika melihat nilai keluaran gas buang  $\text{CO}_2$  pada titik yang sama untuk BP4 menunjukkan angka yang lebih besar, yang dapat diartikan pada titik ini pembakaran yang terjadi pada BP4 di ruang bakar lebih sempurna dari bahan bakar BE2 sehingga mengganggu reaksi terbentuknya  $\text{NO}_x$  saat pembakaran. Sedangkan penggunaan plastik murni menjadi bahan bakar (HSD Wlingi) memberikan emisi  $\text{NO}_x$  yang lebih rendah dari dextrite dan pada daya 50% HSD Wlingi menempati nilai emisi  $\text{NO}_x$  terkecil.

Nilai emisi  $\text{NO}_x$  pada daya 75% yang tertinggi adalah bahan bakar BP4 dengan 1,96 gr/kWh kemudian disusul dengan nilai emisi  $\text{NO}_x$  dari bahan bakar BE2 1,93 gr/kWh, untuk nilai emisi  $\text{NO}_x$  bahan bakar Dextrite dengan bahan bakar HSD Wlingi secara berturut – turut 1,81 gr/kWh dan 1,61 gr/kWh. Dari data tersebut menunjukkan nilai emisi  $\text{NO}_x$  yang meningkat dengan penambahan limbah plastik polipropilen, terlihat nilai emisi  $\text{NO}_x$  antara dextrite dengan BP4 yang lebih besar BP4. Kemudian pada titik ini nilai emisi  $\text{NO}_x$  mengalami penurunan dengan pengemulsian air dapat dilihat dari nilai emisi  $\text{NO}_x$  dengan cara membandingkan antara BP4 dengan BE2. Sedangkan penggunaan plastik murni menjadi bahan bakar (HSD Wlingi) memberikan emisi  $\text{NO}_x$  yang lebih rendah dari dextrite dan pada daya 75% dan HSD Wlingi menempati nilai emisi  $\text{NO}_x$  terkecil.

Nilai emisi  $\text{NO}_x$  pada daya 100% yang tertinggi adalah bahan bakar BP4 dengan 1,79 gr/kWh kemudian disusul dengan nilai emisi  $\text{NO}_x$  dari bahan bakar



Dexlite 1,78 gr/kWh, untuk nilai emisi  $\text{NO}_x$  bahan bakar BE2 dengan bahan bakar HSD Wlingi secara berturut – turut 1,69 gr/kWh dan 1,63 gr/kWh. Dari data tersebut menunjukan nilai emisi  $\text{NO}_x$  yang meningkat dengan penambahan limbah plastik polipropilen, terlihat nilai emisi  $\text{NO}_x$  antara dexlite dengan BP4 yang lebih besar BP4. Kemudian pada titik ini nilai emisi  $\text{NO}_x$  mengalami penurunan dengan pengemulsian air dapat dilihat dari nilai emisi  $\text{NO}_x$  dengan cara membandingkan antara BP4 dengan BE2. Sedangkan penggunaan plastik murni menjadi bahan bakar (HSD Wlingi) memberikan emisi  $\text{NO}_x$  yang lebih rendah dari dexlite dan pada daya 100% dan HSD Wlingi menempati nilai emisi  $\text{NO}_x$  terkecil.



**Grafik 4. 29. Analisa Perbandingan Emisi CO Dari Bahan Bakar Dexlite, HSD Wlingi, BE2, BP4.**

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan perbandingan hasil nilai kadar emisi CO antara Dexlite, HSD Wlingi, BP4, Dan BE2 berdasarkan metode pengujian pada regulasi IMO marpol Annex VI. pada putaran 2200 RPM dan 4 variasi daya dari data tersebut jika dirata – rata nilai emisi CO tertingi adalah bahan bakar HSD Wlingi dengan rata – rata 6,53 gr/kWh kemudian disusul dengannilai emisi CO dari BP4 4,77 gr/kWh, untuk nilai emisi CO bahan bakar BE2 dengan bahan bakar Dexlite secara berturut – turut 2,89 gr/kWh dan 2,24 gr/kWh. Dari data rata – rata tersebut menunjukan nilai emisi CO rata – rata yang meningkat dengan penambahan limbah plastik polipropilen terlihat dari nilai rata – rata emisi CO antara dexlite dengan BP4. Kemudian nilai emisi CO rata – rata dapat turun dengan pengemulsian air dapat dilihat dari nilai rata – rata emisi CO dengan cara membandingkan antara BP4 dengan BE2. Sedangkan penggunaan plastik murni menjadi bahan bakar justru memberikan emisi CO yang lebih besar dari dexlite dan pada penelitian ini BP4 menempati nilai rata – rata emisi CO terbesar.

Nilai emisi CO pada daya 25% yang tertingi adalah bahan bakar HSD Wlingi dengan 1,51 gr/kWh kemudian disusul dengannilai emisi CO dari BP4 1,11 gr/kWh,

untuk nilai emisi CO bahan bakar Dexlite dengan bahan bakar BE2 secara berturut – turut 1,01 gr/kWh dan 0,83 gr/kWh. Dari data tersebut menunjukkan nilai emisi CO yang meningkat dengan penambahan limbah plastik polipropilen, terlihat nilai emisi CO antara dexlite dengan BP4 yang lebih besar BP4. Kemudian nilai emisi CO dapat turun dengan pengemulsian air dapat dilihat dari nilai emisi CO dengan cara membandingkan antara BP4 dengan BE2. Sedangkan penggunaan plastik murni menjadi bahan bakar (HSD Wlingi) memberikan emisi CO yang lebih tinggi dari dexlite dan pada daya 25% BE2 menempati nilai emisi CO terkecil.

Nilai emisi CO pada daya 50% tertinggi adalah bahan bakar HSD Wlingi dengan 1,44 gr/kWh kemudian disusul dengan nilai emisi CO dari BP4 1,04 gr/kWh, untuk nilai emisi CO bahan bakar BE2 dengan bahan bakar Dexlite secara berturut – turut 1,01 gr/kWh dan 0,86 gr/kWh. Dari data tersebut menunjukkan nilai emisi CO yang meningkat dengan penambahan limbah plastik polipropilen, terlihat nilai emisi CO antara dexlite dengan BP4 yang lebih besar BP4. Kemudian nilai emisi CO dapat turun dengan pengemulsian air dapat dilihat dari nilai emisi CO dengan cara membandingkan antara BP4 dengan BE2. Sedangkan penggunaan plastik murni menjadi bahan bakar (HSD Wlingi) memberikan emisi CO yang lebih tinggi dari dexlite dan pada daya 50% Dexlite menempati nilai emisi CO terkecil.

Nilai emisi CO pada daya 75% yang tertinggi adalah bahan bakar HSD Wlingi dengan 4,92 gr/kWh kemudian disusul dengan nilai emisi CO dari BP4 2,84 gr/kWh, untuk nilai emisi CO bahan bakar BE2 dengan bahan bakar Dexlite secara berturut – turut 2,33 gr/kWh dan 1,08 gr/kWh. Dari data tersebut menunjukkan nilai emisi CO yang meningkat dengan penambahan limbah plastik polipropilen, terlihat nilai emisi CO antara dexlite dengan BP4 yang lebih besar BP4. Kemudian nilai emisi CO dapat turun dengan pengemulsian air dapat dilihat dari nilai emisi CO dengan cara membandingkan antara BP4 dengan BE2. Sedangkan penggunaan plastik murni menjadi bahan bakar (HSD Wlingi) memberikan emisi CO yang lebih tinggi dari dexlite dan pada daya 75% Dexlite menempati nilai emisi CO terkecil.

Nilai emisi CO pada daya 100% yang tertinggi adalah bahan bakar HSD Wlingi dengan 18,24 gr/kWh kemudian disusul dengan nilai emisi CO dari BP4 14,08 gr/kWh, untuk nilai emisi CO bahan bakar BE2 dengan bahan bakar Dexlite secara berturut – turut 7,38 gr/kWh dan 6,03 gr/kWh. Dari data tersebut menunjukkan nilai emisi CO yang meningkat dengan penambahan limbah plastik polipropilen, terlihat nilai emisi CO antara dexlite dengan BP4 yang lebih besar BP4. Kemudian nilai emisi CO dapat turun dengan pengemulsian air dapat dilihat dari nilai emisi CO dengan cara membandingkan antara BP4 dengan BE2. Sedangkan penggunaan plastik murni menjadi bahan bakar (HSD Wlingi) memberikan emisi CO yang lebih tinggi dari dexlite dan pada daya 75% Dexlite menempati nilai emisi CO terkecil.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil perhitungan yang telah dilakukan oleh penulis terkait analisis frekuensi tubrukan kapal pada 3 skenario yaitu *crossing collision*, *head on collision*, dan *overtaking collision* dan juga analisis konsekuensi tubrukan kapal di Alur Pelayaran Barat Surabaya, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pengemulsian antara limbah plastik polipropilen, air dan bahan bakar high speed diesel dimana pada penelitian ini disebut BE2 secara properties memenuhi standart minimal dexlite milik pertamina, namun untuk nilai kalor bahan bakar BE2 mengalami penurunan dibandingkan dengan bahan bakar Dexlite yang digunakan sebagai pelarut. Namun untuk bahan bakar HSD Wlingi yang merupakan 100% terbuat dari limbah plastik memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dibandingkan dengan dexlite milik pertamina.
2. Dalam hal performa mesin diesel yang menggunakan bahan bakar BE2 tidak lebih baik dari performa mesin diesel dengan menggunakan bahan bakar dexlite yang digunakan sebagai pelarut, ditunjukan dengan nilai SFOC dari BE2 yang selalu lebih tinggi dari Dexlite pada setiap variasi dalam penelitian ini dan juga dari mengamati daya maksimal, torsi maksimal dan BMEP maksimal maka disimpulkan bahwa terjadi penurunan performa mesin jika menggunakan bahan bakar BE2 dibandingkan dengan dexlite. sedangkan penggunaan HSD Wlingi menunjukan nilai SFOC yang lebih rendah dibandingkan dengan dexlite, juga melihat dari niali daya maksimal, torsi maksimal, maupun BMEP maksimal menunjukan bahan bakar HSD Wlingi meningkatkan performa mesin jika dibandingkan dengan Dexlite.
3. Melihat hasil penggunaan bahan bakar BE2, BP4, HSD Wlingi dan dexlite terhadap proses pembakaran (Combustion) dapat ditarik beberapa kesimpulan:
  - Pada grafik *Maksimum Pressure* yang dihasilkan antara keempat bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini BE2 memiliki nilai *Maksimum Pressure* pada setiap variasi dan juga bahan bakar BE2 memiliki titik puncak *Maksimum Pressure* yang paling menjauhi TMA.
  - Pada grafik *Reat of Heat Release* yang dihasilkan antara keempat bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini BE2 memiliki nilai *Reat of Heat Release* pada setiap variasi dan juga bahan bakar BE2 memiliki titik puncak *Reat of Heat Release* yang paling menjauhi TMA
  - Pada grafik *Knocking* yang dihasilkan antara keempat bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini BE2 memiliki nilai *Knocking* pada setiap variasi dan juga bahan bakar BE2 memiliki titik puncak *Knocking* yang paling menjauhi TMA.

- Pada grafik *Ignition Delay* nilai terendah yang menunjukkan tertundanya waktu pembakaran terendah di miliki oleh bahan bakar HSD Wlingi sedangkan nilai tertinggi dimiliki oleh BE2.
- 4. Penambahan limbah plastik dalam bahan bakar HSD meningkatkan nilai emisi baik NO<sub>x</sub> maupun CO. dapat dilihat dari perbandingan BP4 dengan Dexlite, kemudian untuk pengemulsian BP4 dengan air dapat menurunkan emisi NO<sub>x</sub> maupun CO, dapat dilihat dari perbandingan BP4 dengan BE2.

## 5.2 Saran

Berdasarkan dari analisis dan seluruh proses yang telah dilakukan penulis dalam melakukan analisis pengaruh penggunaan bahan bakar emulsi dari limbah plastik jenis polipropilen dengan bahan bakar high speed diesel (HSD) terhadap performa, emisi dan proses pembakaran pada mesin diesel, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan:

1. Menurunnya nilai kalor hasil emulsi pada penelitian ini terhadap bahan bakar pencampuran yang digunakan merupakan bentuk hasil yang perlu diperbaiki dan bisa menjadi pertimbangan pemilihan bahan bakar pencampuran pada penelitian selanjutnya.
2. Dengan pencampuran limbah plastik pada bahan bakar HSD masih menurunkan performa dan meningkatkan hasil emisi, namun melihat bahan bakar yang terbuat dari 100% plastik memiliki performa yang lebih baik dari bahan bakar HSD. Maka disarankan untuk menggunakan metode pencampuran limbah plastik dengan bahan bakar HSD yang lain agar dapat meningkatkan performa dari bahan bakar HSD dan memanfaatkan limbah plastik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alhaq, Saif. 2016. *Analisa emisi berbasis eksperimen dan kelayakan ekonomis bahan bakar biodiesel umbi porang (amarphallus onchophillus)*. Tugas Akhir. ITS Surabaya.
- Budi, Fiki Setio. 2016. *Analisa engine perform dan combustion process dari mesin diesel berbahan bakar biodiesel – minyak kemiri sunan*. Tugas Akhir. ITS Surabaya.
- Fathallah, Aguk Zuhdi M., Tris Buwono, dll. 2003. *Biodiesel sebagai Alternatif Pengganti Bahan Bakar Fosil pada Motor Diesel*. Laporan Riset – Riset Unggulan Terpadu VIII Bidang Teknologi Energi. Surabaya
- Hadi, Gage Cendekiaji. 2017. *Analisa pengaruh penggunaan biodiesel biji kapuk (ceiba pentandra) terhadap proses pembakaran dan kadar emisi nox pada mesin diesel satu silinder*. Tugas Akhir. ITS Surabaya.
- Jenkins, G.L. (1957), *Scoville's ; The Art Of Compounding*, Ninth Edition, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, Toronto, Book page 314, 315
- Laverius, Manda Ferry. 2011. *Optimasi tween 80 dan span 80 sebagai emulsifying agent serta carbopol sebagai gelling agent dalam sediaan emulgel photoprotector ekstrak teh hijau (camellia sinensis l.): aplikasi desain factorial*. Tugas Akhir. Universitas Sanata Darma Yogyakarta.
- Nariati, Susi. 2016. *Analisis pengaruh angka iodin terhadap performa motor diesel dengan bahan bakar biodiesel b20 dan b30 dari waste cooking oil*. Tugas Akhir. ITS Surabaya.
- Pahlevi, Nauval, 2017. *Effect of water in fuel emulsion on performance and nox of diesel engine*. Tugas Akhir. ITS Surabaya.
- Prahara, Alriga Julia. 2017. *Pengaruh penggunaan bahan bakar emulsi dari metanol dengan diesel oil terhadap performa, NOx dan combustion process pada diesel engine*. Tugas Akhir. ITS Surabaya.
- Scarpete, D. 2013. *Diesel-water emulsion, an alternative fuel to reduce diesel engine emission.a review*. Machines, Technologies, Materials, ISSN 1313-0226.
- Wibawa, Gede., Sumarno., dkk. 2006. *Emulsifikasi campuran sampah plastik polipropilen dan high speed diesel dengan air untuk menghasilkan bahan bakar cair*. Simposiun Nasional Polimer VI. ISSN 1410-8720
- Zahrina, Ida., Bahrudin., Sumarno., Gede Wibawa. 2008. *Bahan bakar alternatif dari campuran sampah plastik polipropilen dan minyak solar*. Seminar Nasional Teknik Kimia Teknologi Oleo dan Petrokimia Indonesia. ISSN 1907-0500

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## LAMPIRAN A

### SIFAT BAHAN BAKAR



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**  
 Gedung Pusat Riset, Lantai Lobby, Kampus ITS Sukolilo - Surabaya 60111  
 Telp : 031 - 5953759, Fax : 031 - 5955793, PABX : 1404, 1405  
<http://www.lppm.its.ac.id>

#### LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : Rahmat Winarko  
 Alamat Pemilik : Sistem Perkapalan ITS  
 Nama Contoh : **Solar PP**  
 Deskripsi : Bentuk : Padat/Cair/Gas  
 Contoh : Volume : -  
 Kemasan : Botol  
 Kode Contoh : **EN-008**  
 Tanggal Terima : 16 Mar 2018  
 Tanggal Pengujian : 19 Mar 2018  
 Tanggal Selesai Pengujian : 23 Mar 2018  
 Jumlah Contoh : 01

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi & Lingkungan – LPPM ITS.

No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1	HSD	<i>Kinematic Viscosity at 40°C</i>	2,29	cSt	ASTM D 445-97
		<i>Lower Heating Value</i>	18.506	BTU/lb	ASTM D 240
		AngkaCetana	67,3	-	Okatan/Cetane Meter
		Densitas at 15°C	0,83	%	Piknometer
		Kandungan Sulfur	0,6	%	SNI 7431:2015
		<i>Flash Point</i>	52	°C	ASTM D 93-00
		<i>Pour Point</i>	1	°C	ASTM D 97-85

Suhu : 23,0°C  
 Humidity : 42%  
 Analisis : NRS, MBB, EVY, DPS, WNN

**Catatan:**

1. Hasil pengujian hanya berlaku dari sampel yang diuji.
2. Laboratorium tidak bertanggung jawab atas kerugian pada pihak ke tiga.
3. Laporan hasil pengujian hanya diperbanyak secara utuh.

Manajer Puncak  
 Laboratorium Energi dan Lingkungan

Dr. Ir. Susanto, DEA

NIP. 19620820 198903 1 004

Manajer Teknis

Vita Yuliana, S.Si  
 NIP. 914014001

FR/LEL-ITS/5.10-01 Laporan Hasil Pengujian

Ter/Rev./TP: 2/0/16062017

**Gambar A. 1 Hasil Uji Properties HSD Wlingi**



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
 LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
 Gedung Pusat Riset, Lantai Lobby, Kampus ITS Sukolilo - Surabaya 60111  
 Telp : 031 - 5953759, Fax : 031 - 5955793, PABX : 1404, 1405  
<http://www.lppm-its.ac.id>

### LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : Rahmat Winarko  
 Alamat Pemilik : Sistem Perkapalan ITS  
 Nama Contoh : Solar BE2  
 Deskripsi : Bentuk : Padat/Cair/Gas  
 Contoh Volume : -  
 Kemasan : Botol  
 Kode Contoh : EN-011  
 Tanggal Terima : 23 Mar 2018  
 Tanggal Pengujian : 25 Mar 2018  
 Tanggal Selesai Pengujian : 30 Mar 2018  
 Jumlah Contoh : 01

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi & Lingkungan – LPPM ITS.

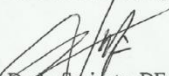
No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1	HSD BE2	<i>Kinematic Viscosity at 40°C</i>	3,98	cSt	ASTM D 445-97
		<i>Lower Heating Value</i>	18.486	BTU/lb	ASTM D 240
		AngkaCetana	51,2	-	Okatan/Cetane Meter
		Densitas at 15°C	0,831	%	Piknometer
		Kandungan Sulfur	0,51	%	SNI 7431:2015
		<i>Flash Point</i>	70	°C	ASTM D 93-00
		<i>Pour Point</i>	4	°C	ASTM D 97-85

Suhu : 25,2°C  
 Humidity : 47%  
 Analis : NRS, MBB, EVY, DPS, WNN


#### Catatan:

1. Hasil pengujian hanya berlaku dari sampel yang diuji.
2. Laboratorium tidak bertanggung jawab atas kerugian pada pihak ke tiga.
3. Laporan hasil pengujian hanya diperbanyak secara utuh.

Manajer Puncak  
 Laboratorium Energi dan Lingkungan

  
 Dr. Ir. Susianto, DEA  
 NIP. 19620820 198903 1 004

Manajer Teknis


  
 Vita Yuliana, S.Si  
 NIP. 914014001

FR/LEL-ITS/5.10-01 Laporan Hasil Pengujian

Ter/Rev./TP: 2/0/16062017

**Gambar A. 2 Hasil Uji Properties BE2**





**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**FAKULTAS ILMU ALAM**  
**DEPARTEMEN KIMIA**  
 Kampus ITS Sukolilo - Surabaya 60111  
 Telp : 031-5943353, Fax : 031-5928314, PABX : 1207-1208  
 E-mail : kimia@its.ac.id, http://www.chem.its.ac.id

---

Kepada Yth :  
 Prof. Dr. Didik Prasetyoko, M.Sc  
 Di-Tempat


<b>LAPORAN ANALISIS</b> Subyek : Minyak Merah	No	: 663/IT2.1.1.4/PM.05.02/2017
	Tanggal	: 09 Nop 2017
	Metode	: ---
	Diteliti Oleh	: Erfan R

Tanggal diterima sampel : Okt 2017

No	Kandungan	% area	Metode
1	Hexadecanoic acid	7,76	GC-MS
2	Pentadecane	6,29	
3	Hexadecane	6,32	
4	1-Octanol	5,72	
5	Heptadecanol	5,57	
6	12-Octadecenoic acid	4,59	
7	Decane	4,40	
8	Octadecane	4,20	
9	Nonadecane	3,36	
10	Eicesane	3,04	
11	Heneicosane	2,36	
12	1-Dodecane	2,56	
13	1-Hexadecene	2,10	

Catatan :

- Hasil analisis ini mengacu pada sampel yang diterima laboratorium Kimia ITS dan tidak dapat digunakan sebagai alat bukti hukum
- Pengambilan sampel tidak dilakukan oleh Laboratorium Kimia ITS



Hormat Kami  
**Prof. Dr. Didik Prasetyoko, M.Sc**  
 Ketua

**Gambar A. 3 Komposisi Bahan bakar HSD Wlingi**

(Sumber: pembuat HSD Wlingi, Bapak Muryani)

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## LAMPIRAN B

### PERHITUNGAN PERFORMA

#### Daya Mesin

Untuk mendapatkan daya mesin diperlukan beberapa variable yang didapatkan dari hasil eksperimen

$$\frac{V.I \cos\phi}{\eta \text{ Generator } x \eta \text{ Belt}}$$

Dimana :

V = Voltase

I = Arus

$\cos \phi$  = Sudut antara V dan I (0.9)

$\eta_{\text{Gen}}$  = Efisiensi Generator (0.85)

$\eta_{\text{Belt}}$  = Efisiensi Belt

$$\eta \text{ Belt} = \frac{\text{Putaran nyata}}{\text{Putaran Teori}}$$

$$\text{Putaran Teori} = \frac{\text{Putaran Motor } x \text{ Diameter pulley motor}}{\text{Diameter pulley Generator}}$$

**Tabel. B. 1 Perhitungan Performa BP4**

BP4 HSD 96% + Polypropilen 4%																		
Putaran Engine		Beban	Putaran Aluminator	Alternator		Volume Bahan Bakar	Waktu	Waktu	Waktu	Densitas	Efisiensi Slip	Daya	FCR (mf)	SFOC	Torsi	BMEP	LHV	Eff. Thermal
				Tegangan	Arus													
(rpm) kontrol	(rpm) aktual	(watt)	(rpm)	(volt)	(ampere)	(m3)	(detik)	(menit)	(jam)	(gr/m3)		(kw)	(gr/h)	(gr/kwh)	(Nm)	(N/m2)	(J/Kg)	(%)
1800	1795	0	1306	146	0	0.00002	178	2.967	0.0494	827000	0.997	0.000	334.5	#DIV/0!	0.000	0.00	43010066	0.000000000
1800	1795	1000	1304	176	3.64	0.00002	120	2.000	0.0333	827000	0.995	0.682	496.2	728.0	3.628	92084.37	43010066	11.496868432
1800	1796	2000	1298	190	7.73	0.00002	94	1.567	0.0261	827000	0.990	1.571	633.4	403.3	8.355	212202.13	43010066	20.753435074
1800	1798	3000	1287	191	11.8	0.00002	73	1.217	0.0203	827000	0.981	2.433	815.7	335.2	12.931	328784.63	43010066	24.971623450
1800	1800	4000	1285	193	13.67	0.00002	62	1.033	0.0172	827000	0.978	2.856	960.4	336.2	15.161	385904.82	43010066	24.893404312
1900	1901	0	1375	174	0	0.00002	161	2.683	0.0447	827000	0.991	0.000	369.8	#DIV/0!	0.000	0.00	43010066	0.000000000
1900	1901	1000	1367	186	3.78	0.00002	105	1.750	0.0292	827000	0.985	0.756	567.1	750.5	3.798	96721.33	43010066	11.153342730
1900	1902	2000	1374	203	8.12	0.00002	84	1.400	0.0233	827000	0.990	1.764	708.9	402.0	8.858	225725.04	43010066	20.823442857
1900	1898	3000	1356	206	12.22	0.00002	64	1.067	0.0178	827000	0.979	2.723	930.4	341.6	13.708	348561.04	43010066	24.499223585
1900	1902	4000	1366	209	14.22	0.00002	54	0.900	0.0150	827000	0.984	3.198	1102.7	344.8	16.065	409363.95	43010066	24.277102835
2000	2001	0	1447	189	0	0.00002	147	2.450	0.0408	827000	0.991	0.000	405.1	#DIV/0!	0.000	0.00	43010066	0.000000000
2000	2001	1000	1443	205	4.07	0.00002	100	1.667	0.0278	827000	0.988	0.894	595.4	665.9	4.269	108731.79	43010066	12.569743925
2000	2001	2000	1438	214	8.28	0.00002	77	1.283	0.0214	827000	0.985	1.906	773.3	405.8	9.099	231718.03	43010066	20.626257739
2000	2002	3000	1438	219	12.77	0.00002	59	0.983	0.0164	827000	0.984	3.009	1009.2	335.4	14.361	365904.46	43010066	24.956841061
2000	2000	4000	1431	217	14.9	0.00002	48	0.800	0.0133	827000	0.980	3.493	1240.5	355.2	16.684	424682.02	43010066	23.565410202
2100	2098	0	1518	208	0	0.00002	133	2.217	0.0369	827000	0.991	0.000	447.7	#DIV/0!	0.000	0.00	43010066	0.000000000
2100	2098	1000	1512	223	4.14	0.00002	94	1.567	0.0261	827000	0.987	0.990	633.4	639.8	4.509	114656.08	43010066	13.082301469
2100	2096	2000	1507	229	8.48	0.00002	69	1.150	0.0192	827000	0.985	2.087	863.0	413.4	9.515	241739.47	43010066	20.246774863
2100	2100	3000	1513	230	13.15	0.00002	52	0.867	0.0144	827000	0.987	3.244	1145.1	352.9	14.761	375726.79	43010066	23.715631938
2100	2102	4000	1504	229	15.33	0.00002	42	0.700	0.0117	827000	0.980	3.792	1417.7	373.9	17.236	439137.70	43010066	22.387685914
2200	2199	0	1585	225	0	0.00002	114	1.900	0.0317	827000	0.987	0.000	522.3	#DIV/0!	0.000	0.00	43010066	0.000000000
2200	2199	1000	1585	239	4.29	0.00002	87	1.450	0.0242	827000	0.987	1.099	684.4	622.5	4.777	121530.69	43010066	13.445216845
2200	2202	2000	1583	245	8.8	0.00002	64	1.067	0.0178	827000	0.985	2.318	930.4	401.4	10.057	256224.10	43010066	20.852711398
2200	2198	3000	1574	247	13.51	0.00002	49	0.817	0.0136	827000	0.981	3.601	1215.2	337.4	15.655	398116.41	43010066	24.806685731
2200	2205	4000	1583	248	15.87	0.00002	35	0.583	0.0097	827000	0.984	4.237	1701.3	401.5	18.359	468372.20	43010066	20.845951991



Tabel. B. 2 Perhitungan Performa HSD Wlingi

Bahan Bakar High Speed Diesel (HSD) Wlingi																		
Putaran Engine		Beban	Putaran Aluminator	Alternator		Volume Bahan Bakar	Waktu	Waktu	Waktu	Densitas	Efisiensi Slip	Daya	FCR (mf)	SFOC	Torsi	BMEP	LHV	Eff. Thermal
(rpm) kontrol	(rpm) aktual			(volt)	(ampere)													
1800	1800	0	1311	146	0	0.00002	170	2.833	0.0472	830000	0.998	0.000	351.5	#DIV/0!	0.000	0.00	43044956	0.000000000
1800	1803	1000	1312	178	3.8	0.00002	123	2.050	0.0342	830000	0.997	0.718	485.9	676.3	3.807	97062.28	43044956	12.366399214
1800	1805	2000	1307	193	7.9	0.00002	98	1.633	0.0272	830000	0.992	1.627	609.8	374.7	8.614	219872.55	43044956	22.319515090
1800	1800	3000	1291	194	12	0.00002	84	1.400	0.0233	830000	0.983	2.509	711.4	283.6	13.315	338933.30	43044956	29.490435441
1800	1798	4000	1286	193	14	0.00002	70	1.167	0.0194	830000	0.980	2.920	853.7	292.4	15.515	394474.61	43044956	28.602550682
1900	1900	0	1370	174	0	0.00002	162	2.700	0.0450	830000	0.988	0.000	368.9	#DIV/0!	0.000	0.00	43044956	0.000000000
1900	1897	1000	1366	192	3.9	0.00002	109	1.817	0.0303	830000	0.987	0.804	548.3	682.2	4.048	102869.44	43044956	12.259750320
1900	1899	2000	1373	205	8.1	0.00002	86	1.433	0.0239	830000	0.991	1.775	694.9	391.5	8.930	227194.18	43044956	21.363107161
1900	1901	3000	1360	207	12.3	0.00002	69	1.150	0.0192	830000	0.980	2.751	866.1	314.9	13.824	352064.77	43044956	26.560755035
1900	1904	4000	1369	207	14.4	0.00002	59	0.983	0.0164	830000	0.985	3.204	1012.9	316.1	16.078	410109.88	43044956	26.455806498
2000	2004	0	1444	189	0	0.00002	137	2.283	0.0381	830000	0.987	0.000	436.2	#DIV/0!	0.000	0.00	43044956	0.000000000
2000	2001	1000	1444	206	4.2	0.00002	97	1.617	0.0269	830000	0.989	0.927	616.1	664.9	4.424	112674.05	43044956	12.578846016
2000	2005	2000	1440	215	8.5	0.00002	82	1.367	0.0228	830000	0.984	1.967	728.8	370.6	9.371	239131.49	43044956	22.568140827
2000	2001	3000	1436	221	12.9	0.00002	61	1.017	0.0169	830000	0.983	3.070	979.7	319.1	14.660	373337.95	43044956	26.210609977
2000	2000	4000	1433	219	15	0.00002	51	0.850	0.0142	830000	0.982	3.543	1171.8	330.7	16.927	430870.43	43044956	25.290767877
2100	2098	0	1516	208	0	0.00002	133	2.217	0.0369	830000	0.990	0.000	449.3	#DIV/0!	0.000	0.00	43044956	0.000000000
2100	2099	1000	1512	224	4.2	0.00002	96	1.600	0.0267	830000	0.987	1.009	622.5	616.7	4.595	116895.06	43044956	13.561316427
2100	2104	2000	1511	230	8.7	0.00002	73	1.217	0.0203	830000	0.984	2.153	818.6	380.2	9.779	249382.84	43044956	22.00060757
2100	2101	3000	1514	234	13.3	0.00002	55	0.917	0.0153	830000	0.987	3.338	1086.5	325.5	15.179	386550.18	43044956	25.692302422
2100	2105	4000	1507	231	15.4	0.00002	44	0.733	0.0122	830000	0.981	3.840	1358.2	353.7	17.431	444743.65	43044956	23.648134423
2200	2199	0	1587	225	0	0.00002	111	1.850	0.0308	830000	0.989	0.000	538.4	#DIV/0!	0.000	0.00	43044956	0.000000000
2200	2200	1000	1587	239	4.4	0.00002	90	1.500	0.0250	830000	0.988	1.127	664.0	589.3	4.893	124546.39	43044956	14.190951025
2200	2202	2000	1583	246	8.9	0.00002	62	1.033	0.0172	830000	0.985	2.354	963.9	409.5	10.213	260193.43	43044956	20.423297486
2200	2200	3000	1577	248	13.6	0.00002	52	0.867	0.0144	830000	0.982	3.637	1149.2	316.0	15.793	401991.06	43044956	26.464127524
2200	2202	4000	1582	249	15.9	0.00002	40	0.667	0.0111	830000	0.984	4.259	1494.0	350.8	18.479	470806.15	43044956	23.841850396

Tabel. B. 3 Perhitungan Performa BE2

BE2																		
BP4 86% + Air 10% + Span80 2% + Tween80 2%																		
Putaran Engine		Beban	Putaran Aluminator	Alternator		Volume Bahan Bakar	Waktu	Waktu	Waktu	Densitas	Efisiensi Slip	Daya	FCR (mf)	SFOC	Torsi	BMEP	LHV	Eff. Thermal
(rpm) kontrol	(rpm) aktual			Tegangan	Arus													
1800	1796	0	1306	146	0	0.00002	172	2.867	0.0478	831000	0.996	0.000	347.9	#DIV/0!	0.000	0.00	42998436	0.000000000
1800	1796	1000	1304	176	3.74	0.00002	122	2.033	0.0339	831000	0.995	0.701	490.4	699.9	3.727	94666.87	42998436	11.961679992
1800	1795	2000	1297	190	7.83	0.00002	95	1.583	0.0264	831000	0.990	1.591	629.8	395.8	8.470	214993.26	42998436	21.153526708
1800	1800	3000	1289	193	11.7	0.00002	71	1.183	0.0197	831000	0.981	2.437	842.7	345.8	12.936	329266.66	42998436	24.212545244
1800	1799	4000	1283	193	13.57	0.00002	60	1.000	0.0167	831000	0.977	2.838	997.2	351.3	15.073	383465.82	42998436	23.829353068
1900	1902	0	1375	174	0	0.00002	119	1.983	0.0331	831000	0.990	0.000	502.8	#DIV/0!	0.000	0.00	42998436	0.000000000
1900	1902	1000	1368	189	3.88	0.00002	103	1.717	0.0286	831000	0.985	0.788	580.9	737.2	3.958	100860.67	42998436	11.357284571
1900	1900	2000	1371	203	8.02	0.00002	84	1.400	0.0233	831000	0.989	1.744	712.3	408.5	8.769	223198.08	42998436	20.496758137
1900	1903	3000	1359	205	12.22	0.00002	60	1.000	0.0167	831000	0.978	2.711	997.2	367.8	13.611	347015.04	42998436	22.762239413
1900	1900	4000	1365	206	14.32	0.00002	51	0.850	0.0142	831000	0.984	3.173	1173.2	369.7	15.958	406195.48	42998436	22.647522617
2000	2001	0	1447	189	0	0.00002	116	1.933	0.0322	831000	0.991	0.000	515.8	#DIV/0!	0.000	0.00	42998436	0.000000000
2000	2001	1000	1443	206	3.97	0.00002	95	1.583	0.0264	831000	0.988	0.876	629.8	718.6	4.185	106577.61	42998436	11.651488960
2000	2003	2000	1439	213	8.28	0.00002	75	1.250	0.0208	831000	0.984	1.897	797.8	420.5	9.050	230705.32	42998436	19.911808049
2000	1999	3000	1434	218	12.67	0.00002	57	0.950	0.0158	831000	0.983	2.976	1049.7	352.7	14.223	361846.40	42998436	23.735093396
2000	1999	4000	1432	217	14.9	0.00002	46	0.767	0.0128	831000	0.981	3.488	1300.7	372.9	16.672	424173.26	42998436	22.453960179
2100	2100	0	1518	208	0	0.00002	114	1.900	0.0317	831000	0.990	0.000	524.8	#DIV/0!	0.000	0.00	42998436	0.000000000
2100	2100	1000	1513	222	4.14	0.00002	86	1.433	0.0239	831000	0.987	0.986	695.7	705.7	4.485	114175.23	42998436	11.864555482
2100	2099	2000	1507	228	8.48	0.00002	68	1.133	0.0189	831000	0.984	2.081	879.9	422.8	9.474	241028.33	42998436	19.804237972
2100	2103	3000	1515	230	13.05	0.00002	54	0.900	0.0150	831000	0.987	3.220	1108.0	344.1	14.629	372909.28	42998436	24.332015553
2100	2100	4000	1503	228	15.33	0.00002	38	0.633	0.0106	831000	0.981	3.774	1574.5	417.2	17.172	437094.68	42998436	20.069670882
2200	2199	0	1585	225	0	0.00002	112	1.867	0.0311	831000	0.987	0.000	534.2	#DIV/0!	0.000	0.00	42998436	0.000000000
2200	2199	1000	1586	239	4.29	0.00002	82	1.367	0.0228	831000	0.988	1.099	729.7	664.1	4.774	121454.07	42998436	12.606961598
2200	2200	2000	1582	245	8.8	0.00002	63	1.050	0.0175	831000	0.985	2.317	949.7	409.9	10.063	256153.20	42998436	20.427952797
2200	2200	3000	1576	247	13.48	0.00002	47	0.783	0.0131	831000	0.981	3.592	1273.0	354.4	15.600	397089.25	42998436	23.624928842
2200	2199	4000	1581	248	15.77	0.00002	34	0.567	0.0094	831000	0.985	4.204	1759.8	418.6	18.266	464741.61	42998436	20.002072111



Tabel. B. 4 Perhitungan Performa Dexlite

Dexlite																		
Putaran Engine		Beban	Putaran Aluminator	Alternator		Volume Bahan Bakar	Waktu	Waktu	Waktu	Densitas	Efisiensi Slip	Daya	FCR (mf)	SFOC	Torsi	BMEP	LHV	Eff. Thermal
(rpm) kontrol	(rpm) aktual			Tegangan	Arus													
1800	1803	0	1306	146	0	0.00002	160	2.667	0.0444	842000	0.992	0.000	378.9	#DIV/0!	0.000	0.00	43014718	0.000000000
1800	1803	1000	1302	178	3.74	0.00002	131	2.183	0.0364	842000	0.989	0.712	462.8	649.5	3.776	96263.43	43014718	12.885209734
1800	1802	2000	1301	191	7.83	0.00002	105	1.750	0.0292	842000	0.989	1.601	577.4	360.6	8.488	216300.55	43014718	23.206292814
1800	1797	3000	1290	193	11.90	0.00002	83	1.383	0.0231	842000	0.983	2.473	730.4	295.4	13.146	334077.81	43014718	28.332479221
1800	1800	4000	1288	193	13.87	0.00002	67	1.117	0.0186	842000	0.980	2.891	904.8	313.0	15.347	390638.83	43014718	26.742934720
1900	1903	0	1375	174	0	0.00002	148	2.467	0.0411	842000	0.990	0.000	409.6	#DIV/0!	0.000	0.00	43014718	0.000000000
1900	1896	1000	1368	190	3.88	0.00002	113	1.883	0.0314	842000	0.988	0.790	536.5	679.4	3.979	101074.47	43014718	12.318557499
1900	1905	2000	1372	204	8.12	0.00002	92	1.533	0.0256	842000	0.987	1.778	659.0	370.7	8.915	227525.97	43014718	22.576610581
1900	1895	3000	1361	206	12.32	0.00002	68	1.133	0.0189	842000	0.984	2.731	891.5	326.4	13.769	349569.00	43014718	25.637860454
1900	1903	4000	1364	207	14.42	0.00002	57	0.950	0.0158	842000	0.982	3.219	1063.6	330.5	16.159	411968.42	43014718	25.326707158
2000	2000	0	1447	189	0	0.00002	130	2.167	0.0361	842000	0.991	0.000	466.3	#DIV/0!	0.000	0.00	43014718	0.000000000
2000	1998	1000	1441	207	4.07	0.00002	110	1.833	0.0306	842000	0.988	0.903	551.1	610.5	4.317	109780.14	43014718	13.709852812
2000	1999	2000	1438	215	8.38	0.00002	83	1.383	0.0231	842000	0.986	1.936	730.4	377.3	9.252	235376.93	43014718	22.179835884
2000	1999	3000	1433	220	12.77	0.00002	60	1.000	0.0167	842000	0.982	3.029	1010.4	333.6	14.476	368305.06	43014718	25.088533806
2000	2000	4000	1432	219	14.90	0.00002	50	0.833	0.0139	842000	0.981	3.522	1212.5	344.2	16.826	428296.84	43014718	24.312589345
2100	2099	0	1518	208	0	0.00002	128	2.133	0.0356	842000	0.991	0.000	473.6	#DIV/0!	0.000	0.00	43014718	0.000000000
2100	2098	1000	1515	223	4.24	0.00002	103	1.717	0.0286	842000	0.989	1.012	588.6	581.6	4.608	117193.03	43014718	14.389464918
2100	2096	2000	1509	229	8.68	0.00002	74	1.233	0.0206	842000	0.986	2.134	819.2	383.9	9.727	247112.92	43014718	21.798811459
2100	2104	3000	1510	234	13.25	0.00002	53	0.883	0.0147	842000	0.983	3.339	1143.8	342.6	15.162	386668.44	43014718	24.429818635
2100	2102	4000	1505	233	15.43	0.00002	43	0.717	0.0119	842000	0.981	3.881	1409.9	363.3	17.639	449424.01	43014718	23.037235597
2200	2198	0	1585	225	0	0.00002	116	1.933	0.0322	842000	0.988	0.000	522.6	#DIV/0!	0.000	0.00	43014718	0.000000000
2200	2200	1000	1586	240	4.39	0.00002	98	1.633	0.0272	842000	0.988	1.130	618.6	547.7	4.905	124861.94	43014718	15.281471818
2200	2199	2000	1583	246	9.00	0.00002	69	1.150	0.0192	842000	0.986	2.377	878.6	369.6	10.327	262758.49	43014718	22.642004435
2200	2199	3000	1576	247	13.68	0.00002	50	0.833	0.0139	842000	0.982	3.644	1212.5	332.8	15.831	402797.61	43014718	25.151617545
2200	2204	4000	1581	249	15.97	0.00002	39	0.650	0.0108	842000	0.983	4.284	1554.5	362.8	18.572	473607.75	43014718	23.067070335

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*



## LAMPIRAN C

### EMISI



**PEMERINTAH PROVINSI JAWA TIMUR  
DINAS TENAGA KERJA DAN TRANSMIGRASI  
UNIT PELAKSANA TEKNIK KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA  
( UPT K3 )**

Jl. Dukuh Menanggal 122 Telepon 8280440, 8294490, Fax. 8294277 Surabaya 60234  
Email : uptk3sby@gmail.com; admin@k3.disnakertrans.jatimprov.go.id  
Website : www.k3.disnakertrans.jatimprov.go.id



*LHU ini merupakan hasil pada lokasi dan saat pengukuran*  
**LAPORAN HASIL PENGUJIAN**  
**No. PT. 44 / VI / 2018**

- |     |                     |  |
|-----|---------------------|--|
| I   | Nama Pengguna Jasa  | : RAHMAT WIJANARKO<br>(Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan – ITS) |
| II  | Alamat              | : Sukolilo – Surabaya  |
| III | Jenis Pengukuran    | : Emisi Gas Buang Genset   |
| IV  | Tanggal Pengukuran  | : 26 Juni 2018   |
| V   | Alat yang Digunakan | : Gas Analyzer Merk Star Gas 898 dan E-COM                       |
| VI  | Hasil Pengukuran    | :  |

Bahan Bakar	RPM	Beban	Jam (WIB)	Hasil Pengukuran				
				NO <sub>x</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)	CO (%)	CO <sub>2</sub> (%)	HC (ppm)
Solar Wlingi	2200	1000	12.19	193	9	0,042	2,60	18
		2000	12.22	231	1	0,040	3,24	21
		3000	12.24	244	19	0,137	4,05	12
		4000	12.26	246	43	0,508	5,10	6
BP 4 = Plastik 4 %	2200	1000	12.32	215	7	0,031	2,02	15
		2000	12.34	251	6	0,029	2,61	17
		3000	12.36	295	15	0,079	3,49	7
		4000	12.38	269	68	0,392	3,97	6
BE 2 = Surfaktan 2 % air 10 %	2200	1000	12.47	190	0	0,023	1,94	10
		2000	12.49	274	0	0,028	2,43	12
		3000	12.51	291	8	0,065	3,18	6
		4000	12.53	254	23	0,206	3,77	4



Mengetahui,  
KEPAJABATAN UPT K3 SURABAYA

DEWI KIRIH WINARNI, MM.  
NIP. 19611110 198603 2 017

Surabaya, 02 Juli 2018  
MANAJER TEKNIK

SLAMET, SKM.  
NIP. 19630111 198803 1 012

**Gambar C. 1 Hasil Uji Emisi HSD Wlingi, BP4, dan BE2**

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Rahmat Wijanarko, merupakan putra nomor 2 dari 2 bersaudara. Ayah dari penulis bernama Muh. Suwahyidin dan Ibu dari penulis bernama Kustrini. Lahir pada tanggal 24 September 1995, di Kota Yogyakarta, D.I Yogyakarta. Penulis telah menyelesaikan jenjang pendidikan formal dasar di SD Negeri Jetisharjo 2 Kota Yogyakarta, jenjang menengah pertama di SMP Negeri 4 Pakem Sleman, jenjang menengah atas di SMA Taruna Nusantara, dan melanjutkan pendidikan tinggi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan Program Reguler, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya

di bidang *Marine Power Plant* (MPP). Penulis pernah menjalankan *on the job training* di beberapa perusahaan yaitu PT. Samudra Marine Indonesia Cilegon, Banten. PT. Anugrah Buana Marine Cilegon, Banten dan PT Tanto Intim Line Surabaya, Jawa Timur. Selain aktivitas akademik, penulis berpengalaman dan aktif tergabung dalam beberapa aktivitas organisasi mahasiswa. Penulis pernah bergabung dalam Pengurus HIMASISKAL 2015/2016, BEM Fakultas Teknologi Kelautan 2016/2017 sebagai Ketua, Marine Icon 2015, 2016, dan 2017 HIMASISKAL ITS. Selain itu, penulis aktif dalam mengikuti kegiatan pengembangan *softskills* seperti Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa Pra Tingkat Dasar, Tingkat Dasar, Tingkat Menengah, dan Tingkat Lanjut, dan beberapa kegiatan lainnya. Penulis juga merupakan penerima beasiswa Peningkatan Prestasi Akademik periode 2016 hingga 2017. Penulis dapat dihubungi melalui [rahmatwijanarko4@gmail.com](mailto:rahmatwijanarko4@gmail.com).